



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**INFLUÊNCIA DAS SOLUÇÕES DE IRRIGAÇÃO NA
CAPACIDADE DE SELAMENTO DOS CIMENTOS
ENDODÔNTICOS BIOCERÂMICOS**

Trabalho submetido por
Margarida Lopes Marmelo Neto Ferreira
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

outubro de 2019



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**INFLUÊNCIA DAS SOLUÇÕES DE IRRIGAÇÃO NA
CAPACIDADE DE SELAMENTO DOS CIMENTOS
ENDODÔNTICOS BIOCERÂMICOS**

Trabalho submetido por
Margarida Lopes Marmelo Neto Ferreira
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Diego António Velázquez González

outubro de 2019

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Doutor **Diego Ant3nio Velázquez Gonz3lez**, por todo o acompanhamento, apoio e dedica33o prestados ao longo da elabora33o deste trabalho. Sem a sua incans3vel ajuda e orienta33o, seria dif3cil ter completado este trabalho e esta etapa da minha vida.

Aos meus **pais**, pela inspira33o que representam e que me guia em todos os momentos da minha vida, a quem devo tudo o que sou e alcancei, e aos quais espero orgulhar com a concretiza33o desta etapa. Sem eles n3o seria poss3vel a concretiza33o deste sonho.

Ao meu **irm3o**, com quem cresci e me identifico, pela sua autenticidade e carisma que alegram e melhoram os meus dias.

Ao meu **namorado**, pelo exemplo de humildade e perseveran3a que representa na minha vida, que me faz querer ser o melhor de mim todos os dias, e que 3 uma fonte genu3na de inspira33o que ilumina os meus dias. Por toda a compreens3o e paci3ncia, em todos os momentos, sobretudo nos mais dif3ceis, e acima de tudo, por acreditar em mim.

A todos os meus **familiares** e **amigos**, por todo o apoio e carinho, e por me fazerem sentir t3o especial e sortuda por os ter na minha vida.

Às minhas duas amigas **Rita** e **Vanessa**, indispens3veis na minha vida, as quais acompanham desde sempre o meu crescimento como pessoa, e com quem partilho a conclus3o de mais uma etapa importante da minha vida.

À minha companheira de box e de vida **Sofia**, pelo seu apoio incondicional e presen3a imprescind3vel ao longo deste percurso, e a quem devo muito da minha aprendizagem e conquista.

Por 3ltimo, ao Instituto, Professores e Colegas, por toda a aprendizagem, conhecimento e conquistas adquiridas, ao longo destes cinco anos, que irei guardar e recordar para sempre, com muito carinho e saudade.

Resumo

O tratamento endodôntico do canal radicular é constituído por várias etapas, sendo uma delas, o preparo químico com soluções irrigantes. As soluções de irrigação desempenham um papel fundamental no sucesso do tratamento endodôntico. No entanto, também são responsáveis por criar alterações químicas e estruturais na composição do tecido dentinário do canal radicular, que posteriormente, poderão afetar a sua interação com os materiais de obturação.

São vários os cimentos endodônticos disponíveis para uso clínico, e recentemente foram introduzidos os cimentos biocerâmicos. O seu uso em endodontia tem vindo a expandir, devido às suas propriedades favoráveis, em que se destacam: a sua excelente biocompatibilidade e baixa citotoxicidade, bioatividade e capacidade osteoindutiva, estabilidade dimensional, atividade antibacteriana e facilidade de manipulação.

A causa mais comum de insucesso do tratamento endodôntico é atribuída à microinfiltração, resultante do selamento insuficiente do espaço radicular, em que a escolha do cimento poderá ser uma variável responsável. Assim, é de extrema importância a avaliação do tratamento endodôntico, através de testes de selamento.

Deste modo, esta revisão narrativa teve como objetivo a pesquisa sobre a influência das soluções de irrigação na capacidade de selamento dos cimentos biocerâmicos.

E como tal, concluiu-se que nenhum cimento, independentemente do protocolo de irrigação utilizado, garante um selamento completo do canal radicular, e que a clorexidina poderá ter um efeito promissor como solução irrigante, na diminuição da microinfiltração, melhorando a capacidade de selamento dos cimentos.

Palavras-chave: Cimentos Biocerâmicos, Capacidade de Selamento, Soluções Irrigantes, Microinfiltração

Abstract

Endodontic treatment consists of several stages, one of which is the chemical preparation, with irrigation solutions.

Irrigation solutions play a key role in the success of endodontic treatment.

However, they are also responsible for creating chemical and structural changes in root canal dentin composition, which may subsequently affect the interaction with the filling materials.

Several endodontic sealers are available for clinical use, and bioceramic based sealers have recently been introduced.

The use of bioceramic sealers in endodontics has been expanded due to its favorable properties, including: excellent biocompatibility and low cytotoxicity, bioactivity and osteoinductive capacity, dimensional stability, antibacterial activity and ease of handling. The most common cause of endodontic treatment failure is attributed to microleakage, resulting from insufficient sealing of the root space, where the choice of the sealer may be a responsible variable.

Thus, the evaluation of endodontic treatment through sealing ability tests is extremely important.

Therefore, the aim of this work is the research of the most recent scientific evidence on the influence of irrigation solutions on the sealing ability of bioceramic sealers.

As such, it was concluded that no sealer, regardless of the irrigation protocol used, ensure a complete root canal sealing, and chlorhexidine can have a promising effect as an irrigating solution, on reducing the microleakage and improving the sealing ability of the root canal sealers.

Key-words: Bioceramic sealers, Sealing ability, Irrigation solutions, Microleakage

ÍNDICE GERAL

I-	INTRODUÇÃO.....	15
II-	DESENVOLVIMENTO.....	19
1.	ETIOLOGIA DAS INFECÇÕES	19
2.	SOLUÇÕES IRRIGANTES ENDODÔNTICAS.....	19
2.1.	<i>Solução de irrigação ideal e suas características.....</i>	<i>20</i>
2.2.	<i>Classificação das soluções de irrigação.....</i>	<i>20</i>
2.3.	<i>Hipóclorito de Sódio.....</i>	<i>21</i>
2.4.	<i>Clorexidina</i>	<i>22</i>
2.5.	<i>Agentes Quelantes.....</i>	<i>24</i>
2.5.1.	EDTA	24
2.5.2.	Ácido Cítrico	26
2.5.3.	Ácido maleico.....	26
2.6.	<i>Combinação de Produtos.....</i>	<i>27</i>
3.	CIMENTOS ENDODÔNTICOS.....	27
3.1.	<i>Propriedades Ideais dos cimentos endodônticos</i>	<i>28</i>
3.2.	<i>Classificação de cimentos endodônticos.....</i>	<i>29</i>
3.3.	<i>Biocerâmica</i>	<i>29</i>
3.3.1.	Contexto Histórico.....	29
3.3.2.	Composição	30
3.3.3.	Classificação.....	30
3.3.4.	Mecanismo de ação	31
3.3.5.	Propriedades	31
3.3.6.	Indicações	38
3.3.7.	Vantagens	40
3.3.8.	Tipos de cimentos biocerâmicos.....	40
3.3.8.1.	<i>BioAggregate</i>	<i>40</i>
3.3.8.2.	<i>Biodentine</i>	<i>41</i>
3.3.8.3.	Biocerâmicas pré-misturadas	42
3.3.8.4.	MTAfillapex	45
4.	METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE MICROINFILTRAÇÃO ENDODÔNTICA	46
5.	INTERAÇÃO ENTRE SOLUÇÕES IRRIGANTES E CIMENTOS BIOCERÂMICOS	47
III-	CONCLUSÃO	69
IV-	BIBLIOGRAFIA	71
	ANEXO I.....	81

Índice de Figuras

Figura 1- Registo radiográfico pré-operatório, pós operatório, e 6 meses de follow-up de proteção pulpar direta com BC sealer (Adaptado de Debelian et al. 2016)	39
Figura 2- Radiografia pós-operatória de pulpotomia com BC putty, e com 24 meses de follow-up. (Adaptado de Debelian et al. 2016).....	39
Figura 3 - preenchimento de uma retrocavidade com BC RRM-putty após preenchimento do canal com BC sealer (Adaptado de Debelian et al., 2016).....	39
Figura 4- Radiografia pré-operatória, pós-operatória imediata e com 1 ano de follow up (Adaptado de Debelian et al., 2016).....	40
Figura 5 - (A) Kit obturação Endosequence; (B) Cones de guta-percha Endosequence; (C) ERRM; (D) ERRM fast setting putty (Adaptado de Debelian et al. 2016)	43
Figura 6- (A) Kit obturação TotalFill (B) Cones de guta-percha TotalFill; (C) TotalFill RRM; (D) TotalFill RRM putty e fast set putty (Adaptado de Debelian et al. 2016).....	43
Figura 7- ponta capilar de calibre 0,012, usada para colocação do Endosequence BC (Adaptado de Koch et al. 2013)	44
Figura 8 - Cortes a diferentes distâncias do ápice de raízes de molares obturadas com BC sealer (Adaptado de Debelian et al. 2016)	45
Figura 9 - imagens do MEV (A) túbulos abertos após irrigação com EDTA; (B) obturação parcial dos túbulos na porção apical com AHplus; (C) obturação parcial dos túbulos apicais com Endosequence BC; (D) selamento coronário superior com AHplus; (E) selamento coronário superior com Endosequence BC. (Adaptado de Huang et al., 2018)	52
Figura 10 - imagens do Micro-CT: vista axial das secções coronárias do AHplus (a) e do Endosequence BC (e); Observação da penetração superior coronária do AHplus (b) e (f) do Endosequence BC; secções médias do AHPlus (c) e Endosequene BC (g); secções apicais do AHplus (d) e do Endosequence BC (h). A setas brancas indicam o cimento, as setas pretas indica a guta-percha e os triângulos brancos indicam a dentina (Adaptado de Huang et al., 2018)	52
Figura 11 - Extensão da penetração de corante nos grupos I (a), grupo II (b), grupo III (c), e dos grupos controlo negativo (d) e positivo (e) (Adaptado de Balasubramanian et al., 2017).....	56
Figura 12 - Representação da penetração do corante na região apical dos grupos 1, 2, 3 e 4 (Adaptado de Singh et al., 2016).....	59
Figura 13 - Microinfiltração apical ocorrida nos diferentes grupos (Adaptado de Mohamed et al., 2019)	62

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Comparação da penetração vertical de corante (Adaptado de Pawar et al., 2014)	49
Tabela 2 - Comparação da penetração horizontal de corante aos 2, 4 e 6mm (Adaptado de Pawar et al., 2014)	49
Tabela 3 - percentagem de microinfiltração em cada grupo (Adaptado de Sroa et al., 2017)	50
Tabela 4 - Parâmetros estruturais tridimensionais dos micro-poros em todo o sistema de canais radiculares avaliado por micro-CT (Adaptado de Huang et al., 2018)	52
Tabela 5 - protocolos de irrigação utilizados em cada grupo experimental (Adaptado de Prado et al., 2014)	53
Tabela 6 - Valores de microinfiltração apical dos grupos estudados (Adaptado de Lahor-Soler et al., 2015)	55
Tabela 7 - Valores da infiltração apical de fluído e da resistência de união dos diferente grupos (Adaptado de Ertas et al., 2015)	57
Tabela 8 - Comparação dos valores de microinfiltração ocorrida nos diferentes grupos (Adaptado de Singh et al., 2016)	59
Tabela 9 - Valores médios, erro, mínimos e máximos da microinfiltração dos diferentes grupos (Adaptado de Ulusoy et al., 2014)	61
Tabela 10 - Comparação dos valores médios de microinfiltração ocorrida nos diferentes grupos (Adaptado de Mohamed et al., 2019)	62
Tabela 11 - Valores médios da microinfiltração dos diferentes materiais de retrobturação, após irrigação com as diferentes soluções (Adaptado de Bayram et al., 2015)	65

Índice de Gráficos

Gráfico 1- Número de amostras contaminadas de acordo com o protocolo de irrigação utilizado (Adaptado de Prado et al., 2014).....	54
Gráfico 2 - representação gráfica dos valores médios de microinfiltração apical dos diferentes cimentos testados (Adaptado de Bayram et al., 2015)	64

Lista de abreviaturas

ADA: *American Dental Association*

AM: Ácido Maleico

ANSI: *American National Standards Institute*

BD: *Biodentine*

BC: Endosequence BC sealer

Ca: cálcio

CHX: clorohexidina

EDTA: ácido etilenodiaminotetraacético

ERRM: *Endosequence Root Repair Material*

ISO: *International Organization for Standardization*

HEPB: ácido etidrónico

HOCl: ácido hipocloroso

H₂O₂ : Peróxido de Hidrogénio

MTA: agregado de trióxido mineral

MTAD: solução de irrigação resultante da mistura de um isómero de tetraciclina, um ácido e um detergente

MEV: microscópico electrónico de varrimento

Micro-CT: microtomografia computarizada

NaOCl: Hipoclorito de sódio

QMIX: solução de irrigação resultante da mistura de bisbiguanina antimicrobiana, um quelante de cálcio e um surfactante

I- Introdução

Segundo o *Guide to Clinical Endodontics*, da *American Association of Endodontics*, a endodôntia contemporânea resume-se ao tratamento não cirúrgico do canal radicular dos dentes permanentes, que implica o tratamento químico e mecânico do sistema de canais, biologicamente aceite para a promoção da cicatrização e reparação dos tecidos perirradiculares. A mesma fonte refere que os cimentos endodônticos são usados juntamente com um material obturador sólido ou semissólido, igualmente biologicamente compatível, para que se estabeleça o selamento adequado do sistema de canais radiculares (Cohen et al. 2011).

A etiologia da maioria das alterações patológicas que afetam os tecidos pulpar e periapical é microbiana, e por esse motivo, um dos objetivos principais da terapia endodôntica é a modelagem e limpeza adequadas do sistema de canais radiculares, utilizando para tal instrumentos e procedimentos eficazes de descontaminação (Souza et al., 2016).

O sucesso do tratamento é atingido quando se promove a prevenção ou a eliminação da periodontite apical e, a resolução dos sintomas do paciente (Chubb, 2019).

A etapa de instrumentação resulta na formação de uma camada de *smear layer*, que além de complicar a descontaminação da dentina superficial do canal radicular, evita a adaptação adequada do material de obturação à parede do canal (Darcey, Jaward, Taylor, Roudsari & Hunter, 2016).

A irrigação é um dos elementos chave no sucesso do tratamento endodôntico, uma vez, que desempenha diversas funções mecânicas, químicas e biológicas importantes (Haapasalo, Shen, Wang, & Gao, 2014).

A irrigação é a única maneira de aceder a áreas mais complexas da parede do canal radicular, as quais são difíceis de alcançar através da instrumentação mecânica e, que acumulam biofilmes e restos de tecido, que apenas são removidos por meio químico (Haapasalo et al., 2014).

Além da preparação e desinfecção adequadas do canal radicular, é necessário um selamento coronário e apical eficaz, que garanta um tratamento endodôntico bem-sucedido, a longo prazo (Singh et. al, 2016).

O processo de preenchimento radicular padrão é a combinação de um cimento selador com um material de preenchimento de núcleo central, como a *guta-percha* (Orstavik, 2005).

Os materiais de preenchimento usados na prática clínica, não permitem preencher por completo o sistema de canais radiculares devido às alterações dimensionais que sofrem, e à falta de adesão por parte da *guta-percha*. Assim, torna-se necessário o uso de um cimento endodôntico, em que a sua adaptação à dentina é um dos principais fatores influenciadores da ocorrência de microinfiltração e reinfeção do canal radicular (Huang, Orhan, Celikten, Orhan & Tufenkci, 2018).

O insucesso endodôntico deve-se em grande parte aos microrganismos residuais remanescentes que permanecem após o preparo mecânico e químico. Por isso, o preenchimento do canal radicular deve sepultar esses microrganismos residuais, impedindo o suprimento de nutrientes e o acesso aos tecidos perirradiculares (Siqueira, Rocas & Valois, 2001).

Deste modo, a causa mais comum de insucesso na terapia endodôntica é atribuída à infiltração apical que pode ser afetada por diversos fatores, como a presença ou ausência da camada de *smear layer*, o tipo de técnica de obturação do canal radicular e as propriedades físicas e químicas dos cimentos endodônticos utilizados (Ertas & Sagsen, 2015).

Dada a importância biológica e técnica dos cimentos no tratamento endodôntico, as suas propriedades químicas e físicas têm despertado interesse e têm sido objeto de estudo.

São várias as formulações químicas que têm servido como base para o desenvolvimento dos cimentos endodônticos (Orstavik, 2005).

As biocerâmicas são compostos cerâmicos biologicamente compatíveis, obtidos por vários processos químicos (Lima, Santos, Pedrosa & Delboni, 2017) e que exibem excelentes propriedades de biocompatibilidade, devido à sua semelhança com a hidroxiapatite biológica (Jitaru, Hodisan, Timis, Lucian & Bud, 2016).

Os cimentos à base de biocerâmica foram disponibilizados para uso em endodontia apenas nos últimos trinta anos (Al-haddad & Che Ab Aziz, 2016), como materiais de reparação radicular e cimentos do canal radicular (Almeida, Moraes, Morgental & Pappen, 2017), e a sua ascensão deve-se ao aumento do uso da tecnologia biocerâmica nas áreas de medicina e da medicina dentária. (Al-haddad et al., 2016)

A composição da dentina superficial do canal radicular pode sofrer alterações por parte das soluções irrigantes químicas e, conseqüentemente afetar a sua interação com os materiais de obturação do canal radicular (Shokouhinejad, Hoseini, Gorjestani & Shamshiri, 2012).

Tendo em conta, os efeitos que as soluções de irrigação exercem, não só no tecido dentário, como também nas propriedades dos materiais de obturação do canal radicular, nomeadamente dos cimentos endodônticos e, face ao crescente interesse pelo uso da biocerâmica como cimento endodôntico selador do sistema de canais radiculares e os poucos estudos existentes na literatura que avaliem a afeção da capacidade de selamento por parte das diferentes soluções de irrigação, o principal objetivo desta revisão narrativa consiste em pesquisar, o possível efeito das diferentes soluções de irrigação utilizadas no tratamento endodôntico, na capacidade de selamento dos cimentos biocerâmicos endodônticos, usados na obturação do sistema de canais radiculares.

II- Desenvolvimento

1. Etiologia das infecções

Ao longo dos tempos, tem sido comprovado que os microrganismos e os seus metabolitos são a principal etiologia das doenças pulpares e periapicais.

Deste modo, o sucesso do tratamento endodôntico está dependente do controlo microbiano e da qualidade do tratamento (Homayouni, et. al, 2014).

As infecções nos sistemas de canais radiculares são polimicrobianas e constituídas sobretudo por microrganismos que sobrevivem em ambientes pobres em oxigénio (Chubb, 2019). E por isso, diferentes soluções de irrigação têm sido utilizadas para diminuir a carga bacteriana do canal radicular infectado (Homayouni et al., 2014).

2. Soluções irrigantes endodônticas

Atualmente, existe evidência de que 35% a 53% da parede do canal radicular permanece intacta, isto é, não instrumentada (Peters, Laib, Göhring & Barbakow, 2001).

Os irrigantes auxiliam o desbridamento mecânico, na medida em que limpam os detritos, dissolvem tecido e desinfectam o sistema de canais radiculares, eliminando assim, os restos de tecidos e microrganismos que permanecem nas áreas mais complexas e irregulares do canal radicular, que são inalcançáveis pela instrumentação mecânica (Kandaswamy & Venkateshbabu, 2010).

Assim, é considerada uma das etapas mais importantes do tratamento endodôntico, na erradicação de microrganismos do canal radicular, uma vez que impede o aprisionamento do tecido duro e mole no interior do canal radicular e, a extrusão de bactérias e de biofilmes para os tecidos periapicais (Haapasalo et al., 2014).

Os três principais efeitos a serem alcançados com a irrigação no tratamento endodôntico, são:

- Químico: dissolução de tecido orgânico e inorgânico, remoção de resíduos de dentina e de *smear layer*, que apenas podem ser atingidos com o uso de irrigantes quimicamente ativos (hipoclorito de sódio, EDTA);
- Mecânico: lubrificação do canal, remoção mecânica de microrganismos/biofilmes, restos de tecido pulpar, bem como os restos de dentina, devido à criação de forças pelo fluxo de irrigação, efeitos esses que podem ser atingidos tanto por irrigantes quimicamente ativos (hipoclorito de sódio), como pelos irrigantes inertes (água, solução salina);

- Biológica: eficácia contra microrganismos anaeróbios e facultativos, erradicação de biofilme ou inativação de endotoxinas (Prada et al., 2019).

Assim, a irrigação é parte fundamental do sucesso do tratamento do canal radicular, não só por ser a única maneira de aceder a áreas da parede do canal radicular que não são alcançadas através da instrumentação mecânica, mas principalmente porque cumpre várias funções mecânicas, químicas e biológicas importantes (Haapasalo et al., 2014).

2.1. Solução de irrigação ideal e suas características

Os objetivos da irrigação permitiram desenvolver os critérios essenciais para um irrigante ideal, que incluem: uma atividade antimicrobiana potente; capacidade de dissolução de componentes orgânicos e inorgânicos; desinfecção e remoção dos detritos das áreas instrumentadas e inacessíveis dos canais; lubrificação; e não provocar efeitos adversos aos tecidos perirradiculares ou à integridade estrutural do dente (Zehnder. 2006).

Não existe um único irrigante que cumpra todas as funções necessárias, e por isso, a irrigação eficaz depende da combinação de duas ou mais soluções de irrigação numa sequência específica, em que os seus efeitos químicos e mecânicos determinam como e quando deverão ser utilizadas (Chubb, 2019).

2.2. Classificação das soluções de irrigação

As diferentes substâncias utilizadas para irrigar e limpar quimicamente os canais radiculares têm propósitos distintos, e um deles é a dissolução de tecidos orgânicos e inorgânicos, além do efeito antimicrobiano contra os microrganismos dos canais radiculares, e inativação dos lipopolissacarídeos bacterianos (Cohen et al., 2011).

As soluções de irrigação utilizadas durante a limpeza e modelagem, podem ser classificadas em agentes antibacterianos e descalcificantes, ou ainda, na sua combinação (Torabinejad et al., 2011).

As soluções irrigantes principais que têm sido utilizadas, são:

- Hipoclorito de Sódio (NaOCl);
- Clorhexidina (CHX);
- Ácido etileno diaminotetraacético (EDTA);
- Peróxido de Hidrogénio (H₂O₂);
- Mistura de Irrigantes (QMIX e MTAD); (Darcey, Jawad, Taylor, Roudsari & Hunter, 2016).

Outros irrigantes que têm sido usados em endodontia incluem água estéril, solução salina fisiológica, peróxido de ureia e compostos de iodo. Nenhum destes dissolve os tecidos e todos, exceto o iodo, carecem de atividade antibacteriana (Chubb, 2019).

Dos muitos irrigantes que têm surgido no mercado, o NaOCl permanece como *gold standard* (Darcey et. al, 2016).

2.3.Hipóclorito de Sódio

Atualmente, o hipoclorito de sódio (NaOCl) é o irrigante mais importante no tratamento do canal radicular, pois é a única solução usada capaz de dissolver matéria orgânica no canal, tornando-se importante na remoção de tecido necrótico, tecido remanescente, bem como, todo o biofilme do interior do canal (Haapasalo, 2014).

Além de possuir um amplo espectro antimicrobiano, as soluções de NaOCl são esporicidas e virucidas (Vineet, Rajeh, Sonali & Mukesh, 2014).

A eficácia antimicrobiana do hipoclorito de sódio baseia-se no seu elevado pH, que interfere na integridade da membrana citoplasmática com inibição enzimática irreversível, alterações biossintéticas no metabolismo celular e degradação de fosfolípidios observadas na peroxidação lipídica (Estrela et al., 2002).

A capacidade única do NaOCl em dissolver tecido necrótico, depende da sua concentração, temperatura e tempo de aplicação (Vineet et al., 2014).

Em pH básico, o ião hipoclorito (OCl^-) é mais abundante, enquanto que em ambiente ácido e neutro, a maior parte do cloro existe sob a forma de ácido hipocloroso (HOCl), que possui um efeito antibacteriano mais potente que o OCl^- , uma vez que afeta diretamente as funções vitais da célula microbiana, provocando rapidamente a morte celular (Haapasalo, 2014).

O hipoclorito é usado em concentrações entre 0,5-6% (Cohen et al., 2011).

Em concentrações mais baixas (0,5% ou 1%) dissolve maioritariamente tecido necrótico, enquanto que concentrações mais elevadas permitem uma melhor dissolução tecidual, no entanto, dissolvem tanto os tecidos necróticos como tecidos vitais, o que poderá não ser um efeito desejável (Cohen et al., 2011). As concentrações mais elevadas são também mais tóxicas.

A presença de matéria orgânica como, exsudato inflamatório, restos de tecido, biofilmes microbianos, enfraquece o seu efeito (Vineet et al., 2014).

Para aumentar a eficácia da solução de NaOCl, pode recorrer-se ao aumento da temperatura das soluções de baixa concentração e, à agitação mecânica das soluções de

NaOCl na dissolução do tecido, que demonstrou possuir um grande impacto devido ao movimento do fluxo do fluido e das forças de cisalhamento, geradas pelo ultrassom (Vineet et al., 2014).

O NaOCl por ser um solvente orgânico eficiente, provoca a degeneração da dentina através da dissolução do colagénio pela quebra das ligações entre os átomos de carbono e desorganização da estrutura primária das proteínas (Kandaswamy et al., 2010).

As desvantagens do NaOCl incluem a sua toxicidade, incapacidade de remoção de componentes inorgânicos da camada de *smear layer* e os efeitos adversos nas propriedades mecânicas do tecido dentário radicular quando usado em altas concentrações (Chubb, 2019).

O NaOCl é tóxico para os tecidos vitais pelo que a sua extrusão para o espaço periapical, pode provocar hemólise, edema, ulceração da pele e necrose (Chubb, 2019).

2.4.Clorexidina

A clorexidina pode ser usada como agente antimicrobiano durante todas as fases da preparação do canal radicular, que incluem: a preparação químico-mecânica, como medicamento intracanal isoladamente ou combinado, desinfecção de cones de obturação, na modelação do cone principal de *guta-percha*, entre outros (Gomes et al., 2013).

Atualmente, a CHX é considerada o *gold standard* dos anti-sépticos orais, sendo também considerada, juntamente com o flúor, o agente preventivo mais utilizado em Medicina Dentária. Além dos seus múltiplos usos nas diversas áreas da Medicina Dentária, em Endodontia tem sido utilizada principalmente como substância irrigante ou medicamento intracanal isoladamente ou em combinação (Gomes et al., 2013).

Trata-se de uma base forte e mais estável na forma de sais, em que os seus sais originais, inicialmente, eram o acetato e o cloridrato de clorexidina, pouco solúveis em água. Mais tarde substituídos pelo digluconato de clorexidina (Zehnder, 2006).

A sua carga catiónica permite a formação de uma ligação eletrostática à superfície das bactérias carregadas negativamente, provocando danos na camada externa da parede celular, tornando-a permeável (Chubb, 2019).

Apesar das concentrações mais comumente usadas nos colutórios orais serem de 0,12 e 0,20%, em Endodontia utiliza-se a concentração de 2% (Gomes et al., 2013).

O CHX é comercializado sob a forma de uma solução à base de água ou em gel com Natrosol, um polímero solúvel em água. Alguns estudos indicaram que o gel de CHX a

2% tem um desempenho ligeiramente melhor que o líquido CHX a 2%, na medida em que é mais eficaz no menor tempo possível (Vineet et al., 2014).

O gel de CHX possui a vantagem de lubrificar as paredes do canal radicular, reduzindo o atrito entre a lima e a superfície da dentina, facilitando a instrumentação e diminuindo os riscos de fratura do instrumento. Além disso, o gel reduz a formação de *smear layer*, o que não se verifica com a forma líquida (Gomes et al., 2013).

Outra vantagem do gel, é a sua capacidade de manter quase todos os túbulos dentinários abertos devido à sua viscosidade que mantém os detritos em suspensão, reduzindo a formação da camada de *smear layer*. O gel é ainda capaz de manter o princípio ativo da CHX em contato com os microrganismos durante mais tempo, inibindo seu crescimento (Gomes et al., 2013).

A sua actividade antimicrobiana está dependente do pH, numa faixa ideal de 5,5-7 (Vineet et al., 2014).

Em baixa concentração possui efeito bacteriostático, mas em concentrações mais elevadas, torna-se bactericida devido a danos celulares extensos, coagulação do citoplasma e precipitação de proteínas e ácidos nucleicos (Vineet et al., 2014).

Em relação ao seu espectro de ação, a CHX é eficaz contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, anaeróbios facultativos e estritos, leveduras e fungos, como a *Candida Albicans*. Também possui activade contra alguns vírus, mas é inativo contra esporos bacterianos à temperatura ambiente (Gomes et al., 2013).

Tem sido demonstrada a actividade antimicrobiana potente e substancial da CHX contra a resistência que algumas bactérias possuem, tal como a *Enterococcus faecalis* (Homayouni, et. al, 2014).

No entanto, não possui capacidade de dissolução do tecido e é menos eficaz nas bactérias gram-negativas, em comparação com as bactérias gram-positivas. Por esse motivo, a CHX não substitui o NaOCl, mas poderá ser usada como irrigação suplementar após o uso de NaOCl e EDTA (Chubb, 2019).

Uma das razões que sustentam o seu uso tão comum é a sua substantividade, isto é, o efeito antimicrobiano continuado, devido à capacidade de ligação ao tecido duro e manutenção do seu efeito antimicrobiano (Vineet et al., 2014).

Assim, a CHX possui a capacidade de ficar retida na dentina, permanecendo ativa, durante cerca de 12 semanas (Chubb, 2019).

A substantividade antimicrobiana parece estar relacionada com a quantidade de moléculas de CHX disponíveis para interagir com a dentina. (Gomes et al., 2013)

O potencial tóxico da CHX está dependente da duração da exposição e da composição do meio em que é exposta. Embora a CHX não pareça causar danos a longo prazo aos tecidos hospedeiros, existe a possibilidade de desencadear uma resposta inflamatória nesses tecidos caso ocorra extrusão além do canal radicular. Os efeitos adversos são raros, no entanto, pode causar disgeusia, gengivite descamativa e, descoloração dos dentes e língua (Vineet et al., 2014).

Além disso, o uso do CHX aumenta a molhabilidade dos cimentos endodônticos na dentina, o que pode ser explicado pela presença de surfactante de superfície da CHX, que ao aumentar a energia da superfície, promove uma maior capacidade de humedecimento da dentina (Prado, Simão & Gomes, 2014).

Uma vantagem do uso da CHX como irrigante final após o EDTA, é não provocar erosão da dentina, como é o caso do NaOCl. Assim, aconselha-se a irrigação com 2% de CHX, após a remoção da camada de *smear layer* (Haapsalo et al., 2014).

Segundo Gomes et al., as soluções de CHX usadas como irrigação ou medicação dos canais radiculares não prejudicam a capacidade, que o preenchimento radicular possui em impedir a penetração apical de fluidos no sistema do canal radicular (Gomes et al., 2013).

2.5. Agentes Quelantes

A limpeza completa do sistema de canais radiculares requer o uso de irrigantes que dissolvem a matéria orgânica e inorgânica. Assim, outro grupo principal de irrigantes endodônticos são os agentes desmineralizantes ou quelantes, tais como o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) e o ácido cítrico (Chubb, 2019). Os quelantes encarregam-se de remover os componentes inorgânicos, deixando os componentes orgânicos intactos, que são removidos pelo NaOCl (Cohen et al., 2011).

2.5.1. EDTA

A solução de ácido etilenodiaminotetracético possui um pH neutro ou levemente alcalino, pois em pH ácido, forma um precipitado (Haapsalo et al., 2014).

Encontra-se disponível tanto na forma de pasta como líquido, com concentrações entre 15% e 17%, sendo geralmente usado em concentrações de 17% (Cohen et al., 2011).

Relativamente ao tempo de ação, aquele que é recomendado para a remoção da *smear layer* varia de um a cinco minutos (Cohen et al., 2011), no entanto, camadas mais espessas podem exigir maior tempo de exposição (Haapsalo et al., 2014).

Vineet et al., sugerem que uma irrigação final contínua de 5mL de EDTA a 17%, durante 3 minutos, remove eficazmente a *smear layer* das paredes do canal radicular (Vineet et al., 2014). Foi também relatado que o EDTA é capaz de descalcificar a dentina a uma profundidade de cerca de 20 a 30 µm em 5 minutos (Vineet et al., 2014).

O seu mecanismo de ação baseia-se na reação com os íons cálcio da dentina, formando quelatos de cálcio solúveis (Vineet et al., 2014) e, por isso, reduzem a quantidade de cálcio pela formação de complexos, e provocam a erosão e amolecimento da dentina (Cohen et al. 2011).

O EDTA possui a capacidade de aumentar a permeabilidade da dentina, melhorando o efeito antibacteriano dos agentes desinfetantes nas suas camadas mais profundas (Chubb, 2019).

O EDTA demonstrou ser biocompatível quando usado clinicamente, no entanto, têm sido relatados casos de descalcificação irreversível do osso periapical e distúrbios neuroimunológicos e, por isso, a sua extrusão deve ser evitada. (Cohen et al., 2011)

Apesar da sua eficácia na remoção da *smear layer*, o EDTA apresenta algumas limitações, tais como, atividade antimicrobiana limitada, citotoxicidade e grandes modificações nas propriedades mecânicas da estrutura dentinária (Souza et al., 2019).

Tal foi comprovado por Calt e Serper que demonstraram que uma aplicação de 10 minutos com 17% de EDTA, provocou excessiva erosão dentinária peritubular e intertubular, e o aumento do tempo de contacto e concentração de EDTA de 10% para 17%, bem como um pH de 7,5 em vez de pH 9,0, aumentou a desmineralização da dentina (Vineet et al., 2014). Assim, o excesso de irrigação final com irrigantes descalcificantes no interior do canal radicular pode provocar a erosão da dentina peritubular e intertubular, removendo os componentes inorgânicos estruturais da dentina, e danificando as propriedades mecânicas e de resistência à fratura da dentina radicular (Souza et al., 2019).

Uma vez que o EDTA apenas afeta a parte inorgânica da dentina e da *smear layer*, a remoção completa da *smear layer* só pode ser alcançada com o uso do NaOCl. No entanto, o EDTA enfraquece bastante o efeito do NaOCl, não devendo ser usado em simultâneo, e sim apenas após a sua utilização (Haapsalo et al., 2014). Assim, o uso alternado de EDTA com NaOCl é recomendado, podendo potencializar os efeitos de limpeza e antimicrobianos dessas soluções, em relação ao seu uso isolado (Cohen et al., 2011).

2.5.2. Ácido Cítrico

A irrigação final com ácido cítrico a 50% também demonstrou ser um método eficaz na remoção da *smear layer* (Cohen et al., 2011), podendo ser utilizado em substituição ao EDTA, após o uso de NaOCl (Haapasalo et. al, 2014).

O AC é comercializado e utilizado em várias concentrações, variando de 1% a 50%, sendo que a 10% demonstrou bons resultados como irrigante final, na remoção da *smear layer* (Vineet et al., 2014).

O exame da superfície das paredes do canal radicular expostas a diferentes sequências de soluções irrigantes revelou diferenças na estrutura superficial da dentina. As amostras expostas a 5,25% de NaOCl, seguidas pelos agentes desmineralizantes, apresentaram uma superfície lisa e não porosa da dentina intertubular, e os orifícios dos túbulos dentinários regulares e bem separados uns dos outros. As aberturas tubulares demonstraram ser ligeiramente maiores quando o AC foi usado após NaOCl, em comparação ao EDTA como irrigante final. Quando o NaOCl foi usado após o EDTA ou AC foi detectada erosão da dentina peritubular e intertubular e os orifícios dos túbulos dentinários tornaram-se irregularmente aumentados e com aparência áspera. Assim, a extensão do tempo do agente desmineralizante ou do NaOCl aumentou a gravidade da erosão da dentina, que resultou em algumas regiões na fusão dos túbulos adjacentes e na exposição das estruturas tubulares subsuperficiais, especialmente no grupo AC. Além disso, houve menos erosão na sequência EDTA/NaOCl do que AC/NaOCl (Qian, Shen & Haapasalo, 2011).

Embora o AC pareça ser um pouco mais potente em concentração semelhante ao EDTA, ambos os agentes mostram alta eficácia na remoção da *smear layer* (Vineet et al., 2014). Estudos in vitro de citotoxicidade demonstram que AC a 10% parece ser mais biocompatível que EDTA a 17% (Vineet et al., 2014).

Relativamente à ação antimicrobiana, verificou-se que o uso de AC a 25% é ineficaz na erradicação de biofilmes de *E faecalis* após 1, 5 e 10 min de exposição (Kandaswamy et al., 2010).

2.5.3. Ácido maleico

O ácido maleico (AM) é um ácido orgânico leve que é usado no condicionamento ácido em medicina dentária. Além disso, verificou-se a sua qualidade na remoção da *smear layer*, quando usado como condicionador ácido na área restauradora (Kuruvilla et al., 2015).

Em concentrações de 5% e 7% remove eficientemente a camada de *smear layer*. No entanto, em concentrações superior na ordem dos 10%, pode resultar em desmineralização excessiva, podendo provocar danos na parede do canal radicular (Vineet et al., 2014).

Foi relatado que a irrigação final com AM a 7%, durante 1 min, foi mais eficaz na remoção da camada de *smear layer* do terço apical do sistema radicular do que EDTA a 17% (Ballal, Jain & Tay, 2016).

Também demonstrou ser menos citotóxico que o EDTA a 17% (Ballal et al., 2016).

2.6. Combinação de Produtos

O uso combinado de EDTA e NaOCl é frequentemente recomendado para remoção eficaz da camada de *smear layer* do sistema radicular (Ballal et al., 2016).

Nos últimos anos, têm sido introduzidos vários produtos de combinação entre as diferentes soluções disponíveis para a irrigação dos canais radiculares. Estes incluem a mistura de NaOCl com um surfactante (*Chlor-Xtra*, *White King*) e EDTA ou produtos de ácido cítrico, misturados com surfactantes e/ou agentes antibacterianos (*MTAD*, *SmearClear*, *Tetraclean*, *QMix*) (Haapasalo et al., 2014).

O NaOCl apresenta uma tensão superficial elevada, e a adição de surfactantes aumenta a sua capacidade de penetrar no canal principal e nas suas irregularidades (Mohammadi et al., 2017). Assim, os surfactantes têm como objetivo a melhoria do efeito antibacteriano ou dissolvente de tecidos por parte do NaOCl.

Vários estudos demonstraram que a adição de surfactantes, que só por si podem ter um efeito antimicrobiano direto, e de outros agentes antimicrobianos ao EDTA ou ao ácido cítrico potenciam consideravelmente a atividade antimicrobiana dessas soluções (Haapasalo et al., 2014).

Recentemente, foram desenvolvidos os MTAD e QMix, em que ambos contêm surfactantes capazes de diminuir a tensão superficial do irrigante e promover a sua penetração na dentina (Chubb, 2019).

3. Cimentos Endodônticos

O preenchimento ideal do canal radicular além de abranger tridimensionalmente todo o sistema do canal radicular, deve formar uma massa homogênea (Ho, Chang & Cheung, 2016). No entanto, mesmo com a correta sequência e seleção de irrigantes, com recurso

à ativação ultrassônica passiva, ou mesmo com as técnicas mais modernas de preparação mecânica do canal, não é possível eliminar na totalidade, os microrganismos da cavidade oral. Por isso, quando o preenchimento do canal radicular não é hermeticamente selado, os fluidos teciduais e os componentes da saliva são excelentes meios para a propagação das bactérias (Olczak & Pawlicka, 2017).

Atualmente, não existe um material ideal para o preenchimento dos canais radiculares (Wong, Zhang, Li, Zhang & Chu, 2017), pois esse material não é suficiente para fornecer o selamento adequado do sistema de canais. Assim, requer o uso de um cimento endodôntico para preencher as lacunas existentes entre as paredes do canal radicular e o material de preenchimento (Bueno et al., 2016).

Ingle et al., através de um estudo radiográfico, concluíram que 58% dos insucessos do tratamento resultam da obturação incompleta dos canais radiculares devido a falhas no procedimento, tais como perda de comprimento, transporte do canal, perfurações, perda de selamento coronário e fraturas radiculares verticais. É a partir desse estudo que se tem dado uma maior importância ao desenvolvimento de novos materiais e técnicas de obturação do canal radicular, sendo o cimento, um dos focos dessa pesquisa (Cohen et al., 2011).

3.1. Propriedades Ideais dos cimentos endodônticos

Atualmente, sabe-se que nenhum cimento reúne por completo as propriedades, que satisfaçam todos os critérios, para que possa ser considerado ideal. (Cohen et al. 2011)

No entanto, essas propriedades são conhecidas e foram descritas por Grossman:

- boa adesão entre o cimento e as paredes do canal;
- fornecimento de um selamento hermético do sistema de canais radiculares;
- deve apresentar radiopacidade que permita a sua observação radiográfica;
- as partículas do pó devem ser finas, de maneira a facilitar a mistura com o líquido;
- deverá apresentar uma estabilidade dimensional, ou seja, não sofrer contração após tomada de presa;
- não deverá manchar as estruturas dentárias;
- deverá ser bacteriostático ou pelo menos, não estimular o crescimento bacteriano;
- deverá possuir um tempo de presa longo, isto é, que garanta um tempo de trabalho suficiente

- deverá apresentar insolubilidade nos fluídos teciduais, sendo que não devem ser reabsorvidos quando expostos aos tecidos perirradiculares;
- biocompatível, não irritante e bem tolerado pelos tecidos perirradiculares;
- deverá ser solúvel em solventes comuns, caso seja necessária a remoção do material obturador (Grossman, 1982).

3.2. Classificação de cimentos endodônticos

Os cimentos endodônticos são categorizados de acordo com os seus principais constituintes químicos (Al-haddad et al., 2016), e atualmente, existem vários tipos de cimentos disponíveis que incluem: cimentos de óxido zinco eugenol, cimentos que contêm hidróxido de cálcio, cimentos à base de iónomero de vidro, à base de resina, cimentos à base de silicone e cimentos biocerâmicos (Zhou et al., 2013).

Os materiais à base de biocerâmica têm despertado particular interesse, devido às suas propriedades físicas e biológicas favoráveis (Zhou et al., 2013).

3.3. Biocerâmica

Koch e Brave descrevem a Biocerâmica como produtos ou componentes cerâmicos biocompatíveis, projectados para serem aplicados nas áreas da Medicina e Medicina Dentária, principalmente como implantes e substitutos, que possuem propriedades osteoindutoras. (Koch & Brave, 2012)

3.3.1. Contexto Histórico

Desde o início dos anos 90, a introdução dos materiais à base de biocerâmica, como um novo grupo de materiais dentários, pode ser vista como um dos avanços mais importantes na medicina dentária reparadora. (Abusrewil, Mclean, & Scott, 2018)

Em endodontia, os materiais à base de biocerâmica foram introduzidos, em primeiro lugar como materiais de preenchimento retrógrado, e posteriormente como materiais de reparação radicular, cimentos obturadores do canal radicular e materiais de revestimento de cones de *guta-percha*. (Wang, 2015)

Devido aos desenvolvimentos recentes da nanotecnologia, tornou-se possível usar a biocerâmica como cimento do canal radicular, usufruindo de todos os benefícios associados à biocerâmica, em vez de limitar o seu uso apenas em reparos radiculares e retrobturações apicais (Mukhtar-Fayyad, 2011).

3.3.2. Composição

A biocerâmica é um material inorgânico, não metálico, biocompatível, que possui propriedades mecânicas semelhantes às dos tecidos duros, os quais estão a substituir ou a reparar. São também quimicamente estáveis, não corrosivos e interagem bem com o tecido orgânico (Ree & Schwartz, 2014).

Estes materiais incluem: a alumina, zircónia, vidro bioativo, cerâmica de vidro, hidroxiapatite e fosfatos de cálcio reabsorvíveis.(Al-haddad et al., 2016).

3.3.3. Classificação

Atualmente, são vários os tipos de biocerâmicas utilizados em Medicina e Medicina Dentária, embora mais na área da medicina. (Koch & Brave, 2009)

Os materiais biocerâmicos podem ser classificados em materiais bioativos ou bioinertes, consoante a da sua interação com o tecido vivo circundante, sendo que os materiais bioativos podem ainda ser classificados de acordo com sua estabilidade, como degradáveis ou não degradáveis (Best, Porter, Thian & Huang, 2008):

- bioinerte: quando não possui interação com os sistemas biológicos, como por exemplo, a alumina e a zircónia usadas em prótese.
- bioativo: quando são duráveis em tecidos suscetíveis a sofrer algumas alterações de interface com o tecido circundante, como é o caso do vidro bioactivo e a cerâmica de vidro. Sendo que estes poderam ser ainda considerados como biodegradável, solúvel ou reabsorvível: que possui a eventual capacidade de substituição ou incorporação nos tecidos, como as cerâmicas porosas á base de fosfato de cálcio, que têm sido usadas para preenchimento de defeitos ósseos (Debelian & Trope, 2016).

As biocerâmicas usadas em endodontia podem organizar-se da seguinte forma:

- À base de silicato de cálcio, como o *Biodentine* (Septodont, Saint Maur des Fosses, França) e *MTAfillapex* (Angelus, Londrina, PR, Brasil);
- Á base de hidroxiapatite ou fosfatos de cálcio/fosfato tricálcico;
- Mistura de silicatos de cálcio e fosfatos de cálcio, como por exemplo: *iRoot SP* (Innovative Bioceramix Inc., Vancouver, Canadá), *EndoSequence BC Sealer* (Brasseler, Savannah, GA, EUA) ou *Total Fill* (FKG,Dentaire, Suíça), *Bioaggregate* (Innovative Bioceramix Inc., Vancouver, Canadá); (Raghavendra, Jadhav, Gathani & Kotadia, 2017).

3.3.4. Mecanismo de ação

Os silicatos de cálcio presentes no pó sofrem uma reação de hidratação que resulta na produção de um gel de hidrato de silicato de cálcio e hidróxido de cálcio. O hidróxido de cálcio ao reagir com os íons fosfato, sofre precipitação formando hidroxiapatite e água. Essa água resultante da reação de precipitação, continua a reagir com os silicatos de cálcio presentes resultando na precipitação de mais hidrato de silicato de cálcio. (Koch et al., 2009)

A dentina é composta por aproximadamente 20% de água, e é essa água, a responsável por dar início à reação de endurecimento do material, que por fim resultará na formação de hidroxiapatite. Deste modo, após a secagem do canal radicular, se houver umidade residual, esta não irá afetar adversamente o selamento estabelecido pelo cimento biocerâmico. Este fenômeno é bastante importante no sucesso da obturação e, uma grande vantagem, em relação aos outros tipos de cimentos. (Koch et al., 2012)

3.3.5. Propriedades

Em geral, os materiais dentários podem ser distinguidos através de parâmetros como pH, solubilidade, tempo de presa, radiopacidade, resistência à compressão, entre outros (Willershausen et al., 2013).

As propriedades dos cimentos endodônticos têm um impacto na qualidade do preenchimento final dos canais radiculares, e por isso, as propriedades de manipulação e o seu comportamento clínico foram avaliadas através da realização de testes laboratoriais às suas propriedades físicas (Zhou et al., 2013).

- Forma de apresentação

Os materiais biocerâmicos podem apresentar-se sob a forma de pastas, quando usados num sistema incorporado com cones de *guta-percha*, ou em massas “putty”, de consistência semelhante à do MTA, no caso de serem usados como material único de obturação, isto é sem *guta-percha* ou outro material de preenchimento. Também existem sob a forma de pó/líquido que requer a mistura manual por parte do utilizador (Debelian et al., 2016).

Um dos principais problemas associados à mistura de qualquer cimento, é a mistura insuficiente e não homogênea, que pode comprometer os benefícios associados ao material. Deste modo, foi introduzido um novo cimento biocerâmico pré-misturado que endurece apenas na presença de umidade, como a que se encontra no ambiente dos túbulos dentinários. Na prática clínica de endodontia, o cimento pré-misturado apresenta

algumas vantagens, em relação às outras formas de apresentação, que incluem a sua conveniência e economia significativa de tempo (Koch et al., 2013).

- Manipulação

As características de mistura e manipulação dos sistemas pó/líquido são mais sensíveis à técnica e produzem um desperdício considerável, o que poderá ser uma desvantagem (Debelian et al., 2016).

A biocerâmica pré-misturada é hidrofílica, necessita da humidade dos tecidos circundantes para endurecer e, possui como vantagem a sua consistência uniforme que impede o desperdício. Assim, estas biocerâmicas não são sensíveis à contaminação sanguínea e humidade, não sendo tão sensíveis à técnica (Debelian et al., 2016).

- Estabilidade dimensional

A alteração dimensional dos materiais endodônticos pode comprometer o selamento do canal radicular. De acordo com a *American Dental Association* (ADA) e a *International Organization for Standardization* (ISO), essas alterações dimensionais não podem exceder 1% em contração e 0,1% de expansão (Torres et al., 2019).

As biocerâmicas possuem estabilidade dimensional aceitável e expansão de configuração insignificante (Debelian et al., 2016). Os valores de alteração dimensional estão de acordo com os requisitos especificados pela ISO 6876/2012 (Almeida et al., 2017).

- pH, Liberação de íons de cálcio e Ação Antimicrobiana

Um pH alcalino pode contribuir para as propriedades de biocompatibilidade e capacidade antibacteriana dos cimentos endodônticos (Lee et al., 2017), e ainda, é capaz de neutralizar o ácido láctico dos osteoclastos, impedindo a dissolução do componente mineral do tecido dentário (Almeida et al., 2017).

Pensa-se que os materiais biocerâmicos atinjam um pH de 12,8 durante o tempo de colocação e, durante um período de 7 dias, o pH diminua constantemente (Damas et al., 2011).

Assim, enquanto se ajusta, o material atinge um pH superior a 12 devido à reação de hidratação, que primeiramente resulta na formação de hidróxido de cálcio e de seguida, se dissocia em íons cálcio e hidroxil, responsáveis pelo aumento do pH, e por isso, antes de tomar presa, o material possui propriedades antibacterianas (Debelian et al., 2016).

Após a tomada de presa e seu ajuste completo, o pH diminui e passa a possuir propriedades biocompatíveis e bioativas. Isto porque, quando entram em contato com fluidos teciduais, libertam hidróxido de cálcio, que ao interagir com os fosfatos dos

fluidos teciduais, formará hidroxiapatite. Esse fenômeno justifica também algumas das propriedades indutoras por parte deste material (Debelian et al., 2016).

A liberação de íons cálcio também favorece um ambiente com pH mais alcalino, provocando efeitos bioquímicos que poderão promover e acelerar o processo de reparação. Candeiro et al. comprovou que o cimento biocerâmico *EndoSequence BC* apresentou maior libertação de íons cálcio do que o cimento *AH Plus*. (Candeiro et al., 2012).

- Propriedades Antimicrobianas

O sucesso do tratamento endodôntico é favorecido pela atividade antimicrobiana do cimento, uma vez que esta é responsável pela eliminação da infecção residual que permanece após o tratamento do canal radicular, ou que invadiu posteriormente o canal através da microinfiltração.

De acordo com os relatos da literatura, as propriedades antimicrobianas dos cimentos baseiam-se no seu pH alcalino e libertação de íons cálcio que estimula a via de reparação do tecido, através da remineralização (Al-haddad et al., 2016). Os cimentos biocerâmicos por atingirem um pH de cerca de 12,8 durante a reação de endurecimento, possuem numa ação antibacteriana, semelhante à do hidróxido de cálcio (Debelian et al., 2016). Dos vários estudos microbiológicos realizados com os cimentos biocerâmicos, estes demonstraram boas propriedades antimicrobianas (Almeida et al., 2017).

- Bioatividade

A bioatividade de um material trata-se da sua capacidade de interagir com os tecidos vivos, resultando na formação de uma camada de apatite, através do processo de biomineralização, na interface material-tecido (Lima et al., 2017). A “biomineralização” resume-se ao processo de formação de apatite no espaço extracelular do colagénio (Eliaz et al., 2017). Assim, o mecanismo da bioatividade baseia-se na dissolução e libertação parcial de produtos iônicos *in vivo*, que ao aumentarem as concentrações locais dos íons cálcio e fosfato, precipitam e formam uma apatite biológica na superfície da cerâmica (Eliaz et al., 2017).

Quando em contacto com fluídos teciduais, a biocerâmica endodôntica liberta hidróxido de cálcio, que ao reagir com o fosfato presente nesses fluídos, forma hidroxiapatite, o que lhe confere propriedades indutoras em alguns casos (Debelian et al., 2016).

As propriedades bioativas dos cimentos biocerâmicos foram comprovadas por Shokouhinejad et al., que ao exporem o MTA, o *Bioaggregate* e o *EndoSequence RRM* em contacto com um fluído tecidular simulado, uma solução salina tamponada com

fosfato (PBS), obtiveram como resultado a precipitação de cristais de apatite, que se tornaram maiores com o aumento do tempo de imersão (Shokouhinejad et al., 2012).

- Radiopacidade

A radiopacidade é uma propriedade essencial dos materiais responsáveis pelo correto selamento endodôntico (Lee et al., 2017), isto é, os cimentos endodônticos, que devem possuir a radiopacidade adequada que lhes permita serem distinguidos radiograficamente das outras estruturas anatómicas, possibilitando a avaliação da qualidade da obturação (Al-haddad et al., 2016).

Segundo os fabricantes, os materiais biocerâmicos apresentam cor branca brilhante, que faz com que seja um material altamente radiopaco. Essa propriedade facilita a sua manipulação e colocação durante o tratamento, e ainda possibilita a sua visualização radiográfica (Damas et al., 2011). Os valores de radiopacidade obtidos para os cimentos biocerâmicos pré-misturados à base de silicato de cálcio foram clinicamente aceitáveis (Almeida et al., 2017). Apesar do valor de radiopacidade do cimento *Endosequence BC Sealer* ser significativamente menor do que o valor de radiopacidade do *AH Plus*, esse valor está acima da recomendação da ISO 6786/2001 (Candeiro et al., 2012).

- Biocompatibilidade e Citotoxicidade

No que diz respeito à biocompatibilidade e citotoxicidade, é de extrema importância que os cimentos endodônticos tenham um comportamento aceitável (Almeida et al., 2017).

A biocompatibilidade diz respeito à capacidade de um material agir como um substrato que auxilie a atividade celular, facilitando os sistemas de sinalização molecular e mecânica, com o propósito de otimizar a regeneração tecidular, sem que com isso, provoque respostas locais ou sistêmicas indesejáveis por parte do hospedeiro. Ou seja, trata-se da capacidade de um material em executar a sua função, sem que haja uma resposta inapropriada por parte do hospedeiro, numa situação específica (Williams, 2008), e é um requisito essencial de qualquer cimento radicular, uma vez que o material de preenchimento funciona como um implante colocado em contacto direto com o tecido vital, através do foramen apical ou lateral da raiz. (Al-haddad et. al, 2016).

Em geral, os cimentos biocerâmicos possuem melhores propriedades biológicas do que outros cimentos comumente utilizados. (Almeida et al., 2017).

A maioria dos cimentos endodônticos à base de biocerâmica foi considerado biocompatível, devido à presença de fosfato de cálcio no próprio cimento. Isto porque, o fosfato de cálcio é o principal componente inorgânico dos tecidos duros, o que lhes confere o potencial de promover a regeneração óssea em casos de extrusão acidental

através do foramen apical, durante a obturação do canal radicular ou até, em reparos de perfurações radiculares (Al-haddad et. al, 2016).

Os diversos estudos realizados em cimentos biocerâmicos demonstram biocompatibilidade aceitável, não induzindo efeitos citotóxicos críticos (Lima et al., 2017). Tal foi comprovado por Chang et al., que ao compararem o cimento biocerâmico *iRoot SP* com outros cimentos, verificaram que este promoveu uma maior diferenciação osteoblástica das células do ligamento periodontal humano e aumentou a deposição de cálcio e os níveis de mRNA dos marcadores osteoblásticos, o que levou a concluir que os cimentos biocerâmicos induzem uma diferenciação osteoblástica superior e uma resposta inflamatória inferior, em comparação com outros tipos de cimentos comparados neste estudo. (Chang et al., 2014).

- Tempo de trabalho e presa

O tempo de endurecimento de um material é importante para garantir e permitir um tempo de trabalho e consistência adequados, de modo a preencher completamente o sistema de canais radiculares (Lee et al., 2017). No entanto, um tempo de presa demasiado lento pode resultar na irritação do tecido, produzindo algum grau de toxicidade até tomar presa (Al-haddad et. al, 2016).

No caso do cimento biocerâmico *Endosequence BC*, sendo a água o agente iniciador da reação, o ambiente húmido no interior dos túbulos dentinários, influencia os tempos de reação do material, sendo que em ambiente mais seco a reação é mais demorada (Al-haddad et al., 2016). Tal foi comprovado quando, na ausência de água, o cimento *EndoSequence BC* demorou cerca de 72 horas para atingir o uma presa inicial e 240 horas para atingir a presa final. Além disso, parece haver uma tendência para o tempo de endurecimento inicial aumentar e o tempo de endurecimento final diminuir, à medida que quantidades crescentes de água são incorporadas com o cimento (Loushine et al., 2011). *Endosequence BC Sealer* e o *BC RRM* possuem um tempo de trabalho superior a 30 min e um tempo de presa de 4 horas, em condições normais. O *EndoSequence BC RRM Fast-Set Putty* possui todas as propriedades do material original, mas com um tempo de presa mais curto de cerca de vinte minutos (Debelian et al., 2016).

Em relação ao *MTAFillapex*, o fabricante refere um tempo de ajuste de um mínimo de 2 horas, no entanto, já foram relatados tempos de configuração ligeiramente mais curtos para este mesmo cimento (Al-haddad et al., 2016).

Por outro lado, o tempo de trabalho do *Biodentine* é de seis minutos, com um tempo de presa inicial de nove a doze minutos e um tempo de presa final de quarenta e cinco minutos. (Raghavendra et al., 2017)

- Fluidez

A fluidez é uma propriedade física importante que permite ao cimento aceder e preencher as várias áreas do canal radicular, e as irregularidades de difícil acesso, como istmo e canais acessórios, influenciando a qualidade da obturação, (Zhou et al., 2013). No entanto, uma elevada fluidez pode aumentar a possibilidade de extrusão de material em direção à região periapical, e apesar de ter sido relatada uma baixa citotoxicidade nos cimentos biocerâmicos, o excesso de preenchimento deve ser evitado (Candeiro et al., 2012). Candeiro et al., obtiveram uma fluidez superior a 20mm para o *Endosequence BC*, valor esse que se encontra em concordância com as recomendações da ISO 6786/2001 (Candeiro et al., 2012).

- Capacidade de selamento

A capacidade de selamento de um cimento depende da sua solubilidade e da sua ligação ao material de preenchimento com a dentina do canal radicular. Vários estudos *in vitro* avaliaram a capacidade de selamento dos diferentes cimentos biocerâmicos, e independentemente dos diferentes métodos utilizados, a capacidade de selamento desses cimentos foi considerada satisfatória e comparável à de outros cimentos disponíveis (Alhaddad et al., 2016).

Leal et al., concluíram que os cimentos biocerâmicos, *Ceramicrete* e *BioAggregate*, apresentaram uma capacidade de prevenção da infiltração de glucose, semelhante à do *ProRoot MTA* branco (Leal et al., 2011).

Antunes et al., comprovaram também que o *MTA* e o *BioCeramic Root Repair Material*, apresentaram uma capacidade de selamento semelhante (Antunes et al., 2015).

Relativamente aos cimentos biocerâmicos pré-misturados, há relatos de que a ocorrência de microinfiltração é equivalente em canais obturados com o *iRoot SP*, em comparação ao cimento *AH Plus*. Outro estudo recente, demonstra um selamento superior do *EndoSequence Putty* comparado com o *MTA* cinzento (Debelian et al., 2016).

- Resistência à fratura

Estudos *in vitro* comprovam que o *iRoot SP* aumenta a resistência à fratura de raízes tratadas endodonticamente, principalmente na presença de cones de *guta-percha* revestidos com biocerâmica (Debelian et al., 2016).

- Solubilidade

A solubilidade é a perda de massa de um material quando imerso em água, e de acordo com as normas especificadas pela ANSI/ADA, a solubilidade de um cimento não deverá exceder os 3% da sua massa. Caso contrário, irá resultar na formação de vazios entre o material e a dentina radicular, que poderá levar à microinfiltração, proveniente da cavidade oral e tecidos periapicais (Al-haddad et al., 2016).

Foram relatados valores de solubilidade para os cimentos biocerâmicos de 0,90% e 2,9%, de acordo com as especificações da ANSI / ADA e ISO 6876/2012 (Almeida et al., 2017). No entanto, Borges et al. relataram valores mais elevados de solubilidade para o *iRoot SP*, na ordem dos 20,64% (Borges et al., 2011), que puderam ser explicados pelo conteúdo em partículas nanométricas hidrofílicas, que ao aumentarem a sua área de superfície, permitem um maior contacto entre as moléculas do líquido e as partículas do cimento (Al-haddad et al., 2016).

- Retratamento

Wilcox et al. verificaram que o material que permanece em maior quantidade durante o retratamento é o cimento. A completa remoção do cimento durante o retratamento, é essencial para estabelecer a saúde dos tecidos periapicais (Al-haddad et al., 2016).

Sabe-se que nenhum material de preenchimento consegue ser removido completamente dos canais radiculares, e vários estudos relatam que a remoção do *EndoSequence Sealer* e do *AH Plus* é comparável (Debelian et al., 2016).

No entanto, Oltra et al. demonstraram que o cimento *EndoSequence BC Sealer* resulta numa quantidade de resíduos mais significativa do que o cimento *AHPlus*, estando em concordância com os resultados obtidos por Zuolo et al., nos quais os cimentos biocerâmicos apresentam mais remanescentes nos canais e exigem um retratamento mais demorado (Lima et al., 2017).

Os resultados de estudos *in vitro*, sugerem que as técnicas convencionais de retratamento, nem sempre são suficientes para remover completamente os cimentos biocerâmicos como o *Endosequence BC* (Hess et al., 2011).

- Descoloração da estrutura dentária

Por razões estéticas, um cimento não deve alterar a cor da estrutura dentária. Os efeitos cromáticos que um cimento poderá provocar, são potenciados pela remoção insuficiente do excesso de material na dentina coronária da câmara pulpar (Al-haddad et al., 2016).

Ahmed et al. referem que todos os cimentos endodônticos provocam descoloração do dente quando permanecem na câmara pulpar. Essa descoloração resulta da penetração dos compostos dos cimentos nos túbulos dentinários durante ou após a sua adaptação.

Relativamente aos cimentos biocerâmicos, existem evidências de que estes poderam provocar menor descoloração da estrutura dentária (Lima et al., 2017).

Foi relatado em alguns estudos que, os materiais biocerâmicos, como o *Biodentine* e *Endosequence*, não modificam a cor da estrutura dentária de maneira perceptível, após a sua permanência na câmara pulpar durante seis meses (Kohli et al., 2015).

- Força de ligação

Existem estudos sobre a resistência de união, que consistem na avaliação da tensão de cisalhamento, na interface entre a dentina e o cimento, que é comparável à tensão sob condições clínicas. De um modo geral, os valores da resistência de união dos cimentos biocerâmicos são semelhantes ou superiores aos dos cimentos convencionais (*AHplus*), independentemente das condições de humidade do canal ou da presença de *smear layer*. Este desempenho pode ser explicado pela natureza adesiva destes materiais, capaz de se ligar quimicamente à dentina através da formação de hidroxiapatite, durante a tomada de presa (Almeida et al., 2017).

3.3.6. Indicações

Os materiais biocerâmicos foram recentemente introduzidos para uso em reparação radicular e obturação do canal radicular. (Almeida et al., 2017), podendo ser usados como cimentos seladores do canal radicular, cimentos de reparo radicular ou ainda, materiais de preenchimento (Sanz et al., 2019).

Relativamente à sua aplicação em terapia pulpar vital, os materiais biocerâmicos podem ser utilizados em casos de exposição pulpar devido a trauma, cárie ou outras causas mecânicas, como protetores pulpares diretos (Sanz et al., 2019).

Numa revisão bibliográfica sobre materiais biocerâmicos pré-misturados, Debelian et al. concluem que devido às suas propriedades favoráveis, estes podem ser considerados um material de escolha para proteção pulpar, como ilustrado na figura 1, pulpotomia, representado na figura 2, reparo de perfurações, preenchimento radicular, como presente na figura 3 e 4, e obturação de dentes imaturos com ápices abertos, como também, obturação de canais radiculares de dentes maduros com ápices fechados (Debelian et al., 2016).

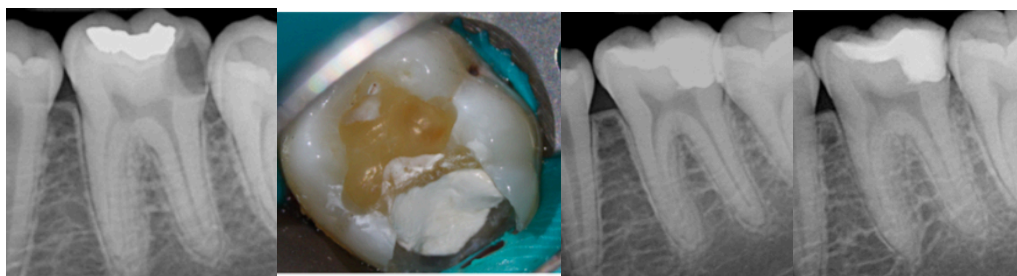


Figura 1- Registro radiográfico pré-operatório, pós operatório, e 6 meses de *follow-up* de proteção pulpar direta com BC sealer (Adaptado de Debelian et al. 2016)

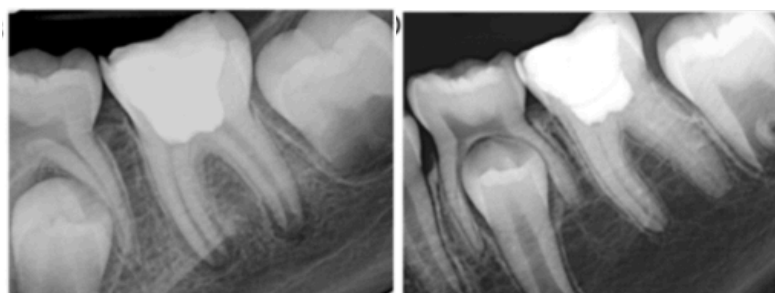


Figura 2- Radiografia pós-operatória de pulpotomia com BC putty, e com 24 meses de *follow-up*. (Adaptado de Debelian et al. 2016)

O uso da biocerâmica como cimento radicular, só se tornou possível devido aos avanços da nanotecnologia, juntamente com todos os benefícios das biocerâmicas (Lima et al., 2017). Esses avanços tornaram o tamanho das partículas mais fino, o que facilitou o seu modo de colocação e entrega, permitindo assim, tirar proveito de todos os benefícios associados à biocerâmica, expandido o seu uso além de reparos radiculares e retrobturações apicais (Koch et al., 2013).

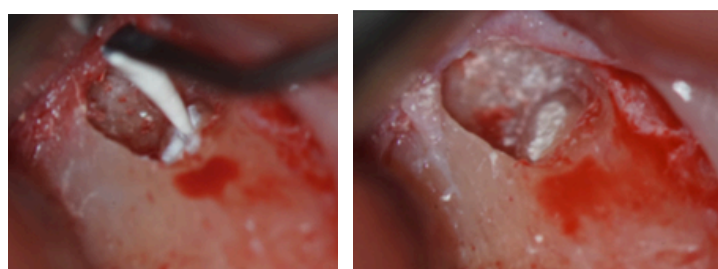


Figura 3 - preenchimento de uma retrocavidade com BC RRM-putty após preenchimento do canal com BC sealer (Adaptado de Debelian et al., 2016)

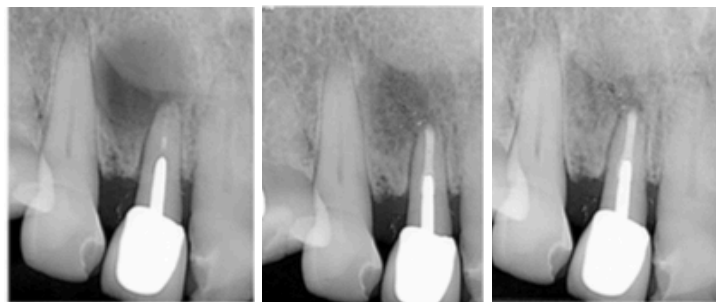


Figura 4- Radiografia pré-operatória, pós-operatória imediata e com 1 ano de follow up (Adaptado de Debelian et al., 2016)

3.3.7. Vantagens

No que diz respeito à sua aplicação em Medicina Dentária, as principais vantagens da biocerâmica são: o facto de ser extremamente biocompatível e não tóxica; possuir estabilidade, sem sofrer contração; e a sua estabilidade química em ambiente biológico (Koch & Brave, 2009).

Outra propriedade favorável da biocerâmica, e particularmente importante na endodontia, é a sua baixa resposta inflamatória, no caso de excesso de preenchimento durante o processo de obturação ou no reparo radicular. Além disso, ainda apresenta como vantagem a capacidade de formar hidroxiapatite, durante o processo de endurecimento e, consequentemente, resultar numa ligação entre a dentina e os materiais de preenchimento. As características mencionadas, justificam o grande interesse pelas biocerâmicas na Medicina Dentária em geral (Koch & Brave, 2009).

3.3.8. Tipos de cimentos biocerâmicos

3.3.8.1. *BioAggregate*

O *BioAggregate* é um material à base de silicato tricálcico, composto por silicato tricálcico, hidroxiapatite, dióxido de silício amorfo e óxido de tântalo (opacificador) (Camilleri, Sorrentino & Damidot, 2014). A sua reação dá-se por hidratação, em que o silicato tricálcico produz hidrato de silicato de cálcio e hidróxido de cálcio. O hidrato de silicato de cálcio é depositado em torno das partículas de cimento, enquanto que o hidróxido de cálcio reage com o dióxido de silício formando mais hidrato de silicato de cálcio. (Raghavendra et al., 2017).

As suas aplicações em endodontia incluem: preenchimento radicular, reparo de perfuração, terapia vital da polpa e procedimentos de apexificação (Camilleri et al., 2014). Exibe uma radiopacidade superior à recomendada e os seus valores de resistência à compressão e microdureza semelhantes aos do Material Restaurador Intermediário

(IRM). Além disso, possui um tempo de ajuste prolongado e alto consumo de fluido (Camilleri et al., 2014).

O *BioAggregate* também demonstrou ser biocompatível e melhorou a diferenciação de fibroblastos humanos, osteoblastos e células mesenquimais. Além disso, exibe propriedades antifúngicas e antibacterianas (Camilleri et al., 2014).

Estudos demonstraram efeitos antibacterianos (Zhang et al., 2009), biocompatibilidade (De-Deus et al., 2009) e capacidade de selamento (Leal et al., 2011) comparáveis aos do MTA (Shokouhinejad et al., 2012). Além disso, o *BioAggregate* apresenta uma alta liberação de íons cálcio e que é mantida durante um período de 28 dias (Raghavendra et al., 2017).

3.3.8.2. *Biodentine*

O *Biodentine* é um material à base de silicato de cálcio que se tornou disponível comercialmente em 2009, pela *Septodont*. Este material foi projetado especificamente para “substituição de dentina” (Malkondu et al., 2014).

São várias as aplicações deste material, desde reparação endodôntica, como perfurações radiculares, apexificação, lesões reabsorvíveis, material de preenchimento retrógrado em cirurgia endodôntica; a proteção pulpar, podendo também ser usado como material de reposição de dentina, em medicina dentária restauradora (Malkondu et al., 2014).

Segundo o fabricante, o *Biodentine* é apresentado sob a forma de pó/líquido.

O pó é composto por silicato tricálcico, silicato bicálcico, carbonato de cálcio e óxido, óxido de ferro e óxido de zircônio, em que o silicato tricálcico e o silicato bicálcico são indicados como materiais principais, enquanto que o óxido de zircônio serve como radiopacificador. O líquido contém cloreto de cálcio como acelerador e um polímero hidrossolúvel que serve como agente redutor de água (Malkondu et al., 2014).

A formulação deste material baseia-se nos princípios do cimento à base de MTA, com a melhoria de algumas das suas propriedades (Raghavendra et al., 2017), sendo considerado um material biocerâmico com propriedades semelhantes ao MTA, possuindo as mesmas aplicações deste, com a vantagem de um tempo de presa mais curto, de aproximadamente 10 a 12 minutos. (Debelian et al., 2016).

A reação do *Biodentine*, dá-se pela formação de um gel de hidrato de silicato de cálcio e hidróxido de cálcio. No entanto, o carbonato de cálcio atua como um gel de local de nucleação para o gel de silicato-hidrato de cálcio, reduzindo assim a duração do período de indução, acelerando o tempo de endurecimento do material e melhorando a sua

microestrutura. O polímero hidrossolúvel reduz a viscosidade do cimento e melhora a sua manipulação (Raghavendra et al, 2017).

Relativamente à atividade antibacteriana e pH, a libertação de iões de hidróxido de cálcio durante a fase de endurecimento do *Biodentine*, aumentam o pH para 12,5, inibindo o crescimento de microrganismos e desinfetando a dentina (Raghavendra et al., 2017).

O *Biodentine* é biocompatível, na medida em que, não é tóxico e não provoca efeitos adversos na diferenciação celular e na função celular específica. (Raghavendra et al., 2017).

No que diz respeito à capacidade de selamento, o *Biodentine* forma uma adesão micromecânica devido ao efeito do pH alcalino sobre os tecidos orgânicos, durante a tomada de presa, que resulta na sua dissolução. Deste modo, o ambiente alcalino é responsável por criar uma via através da qual o material de substituição da dentina, penetra e, se instala nessas aberturas expostas nos túbulos dentinários. Isso permite a formação de uma ligação do cimento à dentina por meio de inúmeros cones microscópicos, dando origem a uma ancoragem estável com um efeito selador e estanque às bactérias (Raghavendra et al., 2017).

Uma desvantagem deste material diz respeito à manipulação, que por ser através da trituração duma quantidade predefinida sob a forma de cápsula, torna inevitável o desperdício (Debelian et al., 2016).

Os estudos existentes são a favor deste produto em termos de aspectos físicos e clínicos, apesar de alguns serem contraditórios. No entanto, o *Biodentine* é promissor para procedimentos clínicos, na medida em que é um produto biocompatível, de fácil manipulação e com tempo de presa curto (Malkondu et al., 2014).

3.3.8.3. Biocerâmicas pré-misturadas

Em 2007, foi introduzido no Canadá um material à base de silicato de cálcio pré-misturado e pronto a usar, o cimento de canal radicular injetável *iRoot SP*.

Em 2008, os cimentos biocerâmicos pré-misturados foram disponibilizados na América do Norte pela *Brasseler* (EUA) como *EndoSequence BC Sealer*, *EndoSequence BC RRM* (*Root Repair Material*) e *EndoSequence BC RRM-Fast Set Putty*.

Recentemente, estes materiais foram também comercializados pela *FKG Dentaire* (Suíça), como *Totalfill BC Sealer*, *TotalFill BC RRM Paste* e *TotalFill BC RRM Putty/Fast Putty* (Debelian et al., 2016).

Assim, existe três cimentos pré-misturados à base de silicato de cálcio com composição química semelhante, o *iRoot SP* (*Innovative Bioceramics, Vancouver, BC, Canadá*), o *EndoSequence BC* (*Brasseler USA, Savannah, GA*), ilustrado na figura 5, e o *TotalFill* (*FKG Dentaire, Suíça*), presente na figura 6 (Almeida et al., 2017).



Figura 5 - (A) Kit obturação *Endosequence*; (B) Cones de gutapercha *Endosequence*; (C) ERRM; (D) ERRM *fast setting putty* (Adaptado de Debelian et al. 2016)



Figura 6- (A) Kit obturação *TotalFill* (B) Cones de gutapercha *TotalFill*; (C) *TotalFill* RRM; (D) *TotalFill* RRM *putty* e *fast set putty* (Adaptado de Debelian et al. 2016)

As três formas de biocerâmica possuem uma composição química semelhante, em silicatos de cálcio, óxido de zircônio, óxido de tântalo, fosfato de cálcio monobásico e cargas.

Possuem excelentes propriedades mecânicas e biológicas e boas propriedades de manipulação. São materiais hidrofílicos, insolúveis, radiopacos e sem alumínio com um pH elevado, e necessidade de umidade para tomar presa (Debelian et al., 2016).

São produzidos como um produtos pré-misturados em massas moldáveis e em pastas pré-carregadas em seringas, de modo a fornecer ao clínico um material homogêneo e consistente que se deposita na presença de umidade (Shokouhinejad et al., 2012).

As formas de massas e pastas do RRM, são indicadas para reparo de perfurações, cirurgia apical, *plug* apical e terapia pulpar vital (Debelian et al., 2016).

O *BC Sealer* pré-misturado é um produto biocerâmico disponível como cimento para obturação endodôntica. A sua composição química básica é a mesma dos outros produtos biocerâmicos pré-misturados, sendo que é menos viscoso, o que faz com que possua a consistência ideal para selar os canais radiculares. É usado com um cone de guta-percha impregnado com uma camada de nanopartículas de biocerâmica na superfície, em que a *guta-percha* possui como principal função a entrega do cimento, de modo a permitir o movimento hidráulico nas irregularidades do canal radicular e canais acessórios.

Uma vantagem deste sistema é a ligação superficial formada entre a *guta-percha* e o cimento, que elimina a ocorrência de microinfiltração (Debelian et al., 2016).

Segundo o fabricante, possui um tempo de trabalho de cerca de quatro horas à temperatura ambiente, e o tempo de endurecimento depende do ambiente húmido presente nos túbulos dentinários, podendo variar de quatro a mais de dez horas, em canais muito secos. O fabricante refere ainda que o cimento não sofre contração durante a configuração, resultando numa interface livre de falhas entre guta-percha, cimento e dentina (Hess et al., 2011). Além das excelentes propriedades físicas, o *BC Sealer* surge com o objetivo de melhorar a conveniência e o método de entrega do cimento nos canais radiculares, uma vez que possui um tamanho de partículas fino, que pode ser entregue com uma ponta capilar 0,012, como observado na figura 7 (Koch et al., 2013).



Figura 7- ponta capilar de calibre 0,012, usada para colocação do *Endosequence BC* (Adaptado de Koch et al. 2013)

Atinge um pH superior a 12, durante a reação de endurecimento, o que favorece as suas propriedades antibacterianas (Loushine et al., 2011). Foram demonstradas as propriedades de biocompatibilidade (Alanezi et al., 2011), atividade antibacteriana (Lovato & Sedgley, 2011), capacidade de selamento de retrocavidades (Nair et al., 2011) e bioatividade através da precipitação de cristais de apatite (Shokouhinejad et al., 2012).

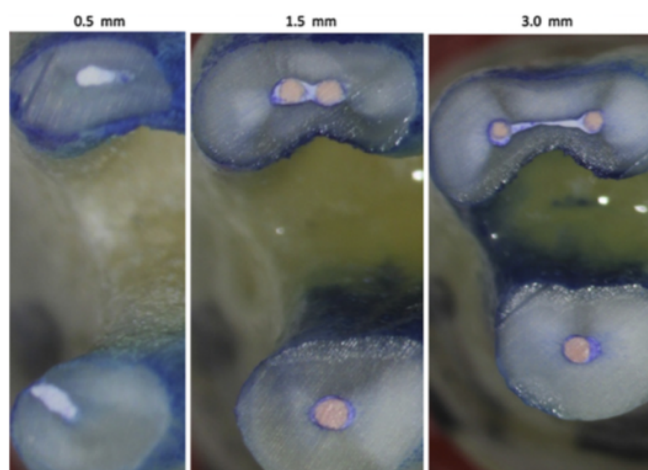


Figura 8 - Cortes a diferentes distâncias do ápice de raízes de molares obturadas com *BC sealer* (Adaptado de Debelian et al. 2016)

Em geral, tanto o *Endosequence BC* como o *iRoot SP* são materiais biocompatíveis, não tóxicos, que não sofrem contração e são quimicamente estáveis em ambiente biológico. Além disso, possuem também a capacidade de formar hidroxiapatite durante o processo de endurecimento e, formando uma ligação entre a dentina e o material de preenchimento (Almeida et al., 2017). Na figura 8, é referente a um caso em que o cimento BC sealer foi utilizado como cimento obturador, onde se observa a sua adaptação às paredes do canal radicular, ao longo das várias porções do mesmo.

3.3.8.4.MTAfillapex

Foram também desenvolvidos novos tipos de cimentos compostos por agregado de trióxido mineral (MTA) e silicato de cálcio, como é o caso do *MTAFillapex*. Trata-se de um cimento à base de MTA em conjunto com resinas, bismuto radiopaco, sílica nanoparticulada na sua composição (Chang et al., 2014). O grande interesse no desenvolvimento de materiais endodônticos baseados em MTA deve-se à excelente biocompatibilidade, bioatividade e osteocondutividade do MTA. No entanto, os estudos sobre a resposta biológica do *MTAFillapex* são contraditórios, em que alguns demonstram que, quando recém misturado apresenta alta citotoxicidade e genotoxicidade.

Contudo, um estudo recente mostrou que, apesar desses efeitos tóxicos iniciais durante a reação de endurecimento, a citotoxicidade diminui com o tempo e o cimento apresenta a bioatividade adequada para estimular a formação de cristais de apatite nos locais de nucleação (Vitti et al., 2013). Apesar dos efeitos irritantes no tecido conjuntivo subcutâneo e no tecido ósseo, possui um pH alcalino que favorece a atividade antibacteriana (Almeida et al., 2017). Possui propriedades físico-químicas adequadas,

como boa radiopacidade, fluxo e pH alcalino. O fabricante afirma ainda que possui um ótimo tempo de trabalho, baixa solubilidade e facilidade de manipulação (Vitti et al., 2013).

4. Metodologias de avaliação de microinfiltração endodôntica

Uma das principais razões para o insucesso clínico do tratamento endodôntico é a microinfiltração, que pode ocorrer nas várias interfaces do sistema de canais previamente obturado (Balasubramanian et al., 2017), e que se define como a passagem de bactérias, fluidos e substâncias químicas entre o dente e o material de preenchimento do canal radicular (Yildirim et al., 2010).

Todas as técnicas e materiais disponíveis para obturação permitem algum grau de infiltração (Cohen et al., 2011) que pode ser influenciada por diversas variáveis, que incluem: as técnicas de preenchimento dos canais radiculares, as propriedades físicas e químicas dos materiais de obturação utilizados (Yildirim et al., 2010), a presença de *smear layer* que influencia a penetração do cimento no interior dos túbulos dentinários afetando a sua capacidade de selamento (Balasubramanian et al., 2017), entre outras.

Assim, o selamento insuficiente do canal radicular, resulta em áreas não obturadas que servem de nicho para alojar microrganismos patogênicos e seus subprodutos e toxinas, provocando uma inflamação periapical persistente, e contribuindo para o insucesso do tratamento (Benz, Markovic, Jordan, Novacek, & Jackowski, 2017).

Assim, é de extrema importância a avaliação da excelência do tratamento endodôntico através dos testes de selamento (Mohamed, Fathieh, Farzaneh & Homeira, 2019).

Diferentes metodologias têm sido utilizadas para a avaliação da microinfiltração, tais como: penetração de corantes, extração ou dissolução de corantes, filtração de fluidos, penetração de bactérias e endotoxinas, penetração de glicose, cafeína ou proteínas, teste de microinfiltração eletroquímicos, difusão de iões, penetração de radioisótopos, experimentação em animais, entre outros (Jafari, Rahimi, Shashi & Jafari, 2017). Atualmente, os estudos com corantes são os mais utilizados, provavelmente por serem simples de executar e pouco dispendiosos (Michelotto et al., 2013).

No entanto, a falta de padronização e validação destes métodos, conduz a resultados questionáveis e ainda, a correlações duvidosas, no que diz respeito a sua aplicação clínica (Michelotto et al., 2013). Assim, é necessária a verificação cuidadosa das principais

variáveis dos sistemas que avaliam a infiltração, de modo a obter uma padronização e maior credibilidade nos resultados (Michelotto et al., 2013).

O método de penetração de glicose, é considerado um teste com elevada sensibilidade e relevância clínica em comparação com os outros testes disponíveis (Jafari et al., 2017).

Apesar das limitações de cada um dos métodos, todos os métodos poderão ser úteis, caso o estudo seja realizado com uma amostra de tamanho grande e com os grupos de controle adequados. No entanto, mais estudos devem ser realizados sobre a relevância clínica dos testes de microinfiltração e a sua confiabilidade e correlação (Jafari et al., 2017).

5. Interação entre soluções irrigantes e cimentos biocerâmicos

Vários estudos têm relatado a importância do papel das soluções de irrigação no sucesso do tratamento endodôntico. (Ertas & Sagsen, 2015)

As soluções irrigantes podem ser responsáveis por provocar algumas alterações químicas e estruturais na composição da dentina do canal radicular, e essas alterações podem ter como consequência, um efeito sobre a capacidade de adesão dos materiais de obturação à superfície da dentina (Mohamed et al., 2019).

O tratamento prévio das paredes dentinárias, tal como, a remoção da *smear layer*, a alteração das fibras de colagénio e o nível de exposição dos túbulos dentinários são fatores determinantes (Prado, Simão & Gomes, 2013).

Por outro lado, os cimentos também podem ser uma das causas da falha do tratamento do canal radicular, devido à microinfiltração que pode ocorrer entre a interface cimento e dentina ou cimento e material obturador (Pawar, Pujar & Makandar, 2014).

Assim, a escolha do tipo de cimento adequado é um dos factores que influenciará o resultado clínico da terapia endodôntica, a longo prazo (Mohamed et al., 2019).

Na revisão bibliográfica realizada, foram selecionados e analisados treze estudos, em que todos avaliaram a ocorrência de microinfiltração através de diferentes métodos:

- três estudos, (Pawar et al., 2014; Sroa et al., 2017; e Huang et al., 2018), compararam a capacidade de selamento do cimento biocerâmico *Endosequence BC* com outros tipos de cimentos, alguns dos quais à base de resina, quando este é usado como material de obturação do canal radicular, mantendo o mesmo protocolo de irrigação em cada estudo;
- cinco estudos, (Prado et al., 2014; Lahor-Soler et al., 2015; Farhad et al., 2008; Balasubramanian et al., 2017; e Ertas et al., 2015) compararam a capacidade de selamento de diferentes cimentos à base de resina (*AHplus*, *RealSeal* e *AH26*), quando estes são

usados na obturação do canal radicular, variando o protocolo de irrigação dentro de cada estudo;

- três estudos, (Singh et al., 2016; Ulusoy et al., 2017; e Mohamed et al., 2019), compararam a capacidade de selamento dos cimentos biocerâmicos *MTAfillapex* e *Endosequence BC/iRootSP* com outros tipos de cimentos, quando estes são usados na obturação do canal, variando o protocolo de irrigação dentro de cada estudo;

- dois estudos, (Bayram et al., 2015; e Chhapparwal et al., 2017), compararam a capacidade de selamento dos cimentos biocerâmicos *Bioaggregate* e *Biodentine*, quando usados como material de retrobturação, em cirurgia periapical endodôntica, com os cimentos *Portland* e *MTA*, variando o protocolo de irrigação em cada estudo;

A primeira conclusão que se pode retirar, e que está em concordância em todos os estudos, é a de que existe sempre ocorrência de microinfiltração, e portanto, esta não pode ser impedida por nenhum material de obturação, como o cimento, ou por nenhuma solução de irrigação.

Tal é demonstrado por, Pawar et al. que realizaram um estudo com o objetivo de comparar e avaliar a capacidade de selamento apical de um cimento biocerâmico, o *Endosequence BC Sealer* (Brasseler, Savannah, USA) e dois cimentos á base de resina, o *AHplus* (Dentsply, De Trey Konstanz, Alemanha) e o *Epiphany* (SybronEndo, Coreia).

A amostra era constituída por setenta e cinco dentes monorradiculares humanos extraídos, que foram preparados e instrumentados

Neste estudo, foi apenas utilizado um protocolo de irrigação para todas as amostras, que consistiu na irrigação, entre cada instrumento, com 10 mL de NaOCl a 5,25%, seguido de EDTA a 17%, e uma irrigação final com solução salina.

De seguida, as amostra foram secas com cones de papel e obturadas através da técnica de onda contínua, e a abertura coronária foi selada com um material de ionómero de vidro.

Os grupos foram organizados, aleatoriamente, consoante o tipo de material de preenchimento do canal radicular e o cimento utilizados:

Grupo A: com *guta-percha/Endosequence BC*

Grupo B: com *guta-percha/AH Plus*

Grupo C: com sistema *Resilon/Epiphany (Real Seal SE)*

Após a obturação, as amostras foram colocadas em ambiente húmido a 37°, durante 24 horas, sendo as superfícies posteriormente cobertas com duas camadas de verniz até 2 mm do ápex, e colocadas numa solução de corante azul de metileno a 1%, durante 72 horas. De seguida, as amostras foram lavadas em água corrente durante 15 minutos e,

preparadas para serem seccionadas longitudinalmente e paralelamente ao longo eixo, e devidamente marcadas as distâncias a 2, 4 e 6 mm do ápex.

A microinfiltração associada aos diferentes cimentos foi avaliada através da profundidade de penetração do corante, com recurso a um estereomicroscópio, e os valores obtidos foram convertidos através de fórmulas nas suas unidades, milímetros para a penetração de corante vertical e micrómetros para a horizontal.

Os resultados da avaliação da capacidade de selamento, através da penetração do corante, estão representados nas tabelas 1 e 2, e foram:

- uma penetração vertical de corante menor no Grupo A e C e maior no Grupo B, com diferença significativa encontrada entre o Grupo A e o Grupo B, e no Grupo B e no Grupo C, sendo que não foi encontrada diferença significativa entre o grupo A e o grupo C.
- a penetração horizontal do corante, demonstrou resultados significativos nos 4 e 6 mm, ao contrário dos 2 mm, em que os resultados não demonstraram ser significativos.

Tabela 1 - Comparação da penetração vertical de corante (Adaptado de Pawar et al., 2014)

Groups	A	B	C
Mean	5.3760	8.0480	6.5924
SD	1.4281	2.0325	2.8266
A	—		
B	$P=0.0002^*$	—	
C	$P=0.1247$	$P=0.0500^*$	—

* $P < 0.05$

Tabela 2 - Comparação da penetração horizontal de corante aos 2, 4 e 6mm (Adaptado de Pawar et al., 2014)

Group	Mean μm	Std. Deviation	P-value
2 mm			0.0946
A	29.92 ^a	6.88	
B	28.36 ^a	6.16	
C	26.20 ^a	4.70	
4 mm			0.0001*
A	22.64 ^q	8.99	
B	31.56 ^p	5.82	
C	26.92 ^r	4.33	
6 mm			0.0001*
A	9.84 ^a	7.44	
B	16.76 ^b	4.05	
C	10.56 ^a	5.91	

Assim, Pawar et al. concluíram que a microinfiltração não pode ser totalmente eliminada, sendo que a presença de canais laterais, canais acessórios e outras variações anatómicas desempenham um papel importante nesse aspecto. Além disso, as áreas que normalmente não são afetadas pela instrumentação e irrigação durante a preparação do canal radicular, onde um material mais viscoso, como o cimento, não consegue alcançar, podem abrir

espaços para infiltração e, diminuir a probabilidade de sucesso do tratamento (Pawar et al, 2014).

No que diz respeito ao cimento biocerâmico *Endosequence BC*, quando o protocolo de irrigação é NaOCl, seguido de EDTA 17%, a sua capacidade de selamento demonstrou ser semelhante à dos cimentos *AHplus* e *MTA*.

Sroa et al. realizaram um estudo em que o objetivo foi avaliar a capacidade de selamento do *EndoSequence BC* (Brassler, Savannah, GA), em comparação com o cimento *Pro-Root MTA* branco (Dentsply, Tulsa Dental, Johnson City, USA), quando usados como cimentos de canal radicular.

O protocolo de irrigação utilizado neste estudo foi, 1 mL de NaOCl a 5,25% seguido de EDTA a 17%, entre cada instrumento, e uma irrigação final com solução salina, e as amostras foram organizadas em grupos, consoante o tipo de material de preenchimento e cimento utilizados:

Grupo A: *guta-percha* + *Endosequence BC*

Grupo B: *guta-percha* + *Pro-Root MTA*

De seguida, as amostras foram armazenadas em ambiente estéril durante 1 semana, com uma gaze húmida para as manter hidratadas, permitindo a configuração do cimento,. Após esse período, as amostras foram cobertas com duas camadas de verniz, excepto nos últimos 2 mm apicais.

Neste caso, para avaliar a capacidade de selamento foi utilizado o método de penetração bacteriana, em que resultados, descritos na tabela 3, foram os seguintes:

Grupo A: 5 de 15 amostras demonstraram infiltração bacteriana.

Grupo B: 6 das 15 amostras apresentaram infiltração bacteriana.

A diferença não foi significativa, entre os grupos.

Tabela 3 - percentagem de microinfiltração em cada grupo (Adaptado de Sroa et al., 2017)

Group	No. of Samples	No.(%) of Samples Showing Leakage	No.(%) of Samples Showing no Leakage
Group A (GP+ES)	15	5 (33.33%)	10 (66.67%)
Group B (GP+ProRoot MTA)	15	6 (40%)	9 (60.00%)
Positive control group	4	4 (100%)	0 (0%)
Negative control group	4	0 (0%)	4 (100%)

De acordo com os resultados obtidos, Sroa et al. concluíram que a capacidade de selamento do *Endosequence BC* é comparável à do *MTA*, e que com base na sua

composição e propriedades, o *Endosequence BC* pode ser recomendado como potencial cimento de canal radicular para tratamento endodôntico. No entanto, os autores referem que devem ser realizados mais estudos de avaliação clínica por um período de tempo mais longo e, com um maior número de amostras, para concluir sobre a eficiência do material (Sroa et al., 2017).

Nos estudos descritos anteriormente (Pawar et al. e Sroa et al.) é utilizado como solução irrigante, o NaOCl de concentração 5,25%, e os resultados foram uma menor ocorrência de microinfiltração do *Endosequence BC* em comparação com o *AHplus* e MTA. Curiosamente, noutro estudo realizado por Huang et al., é usado o NaOCl a 2,5% de concentração, e os resultados foram diferentes. A ocorrência de microinfiltração e a capacidade de selamento dos cimentos *Endosequence BC* e *AHplus*, foram semelhantes em ambos. Isto poderá levantar uma questão relativamente à influência da percentagem de concentração do NaOCl utilizada na irrigação.

Assim, Huang et al. avaliaram e compararam, quantitativamente, a capacidade de selamento do cimento biocerâmico, *Endosequence BC* (*Brasseler USA, Savannah, Georgia, USA*), e do *AHplus* (*Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany*) nos túbulos dentários das porções apical, média e coronária, usando para tal o microscópio electrónico de varrimento (MEV) e tomografia computadorizada (micro-CT).

O protocolo de irrigação utilizado foi a irrigação entre instrumentos com solução de NaOCl a 2,5%, seguida de uma irrigação final com a solução de NaOCl a 2,5%, EDTA a 17% e água destilada.

As amostras foram aleatoriamente divididas em grupos consoante o tipo de cimento utilizado na obturação:

Grupo 1: *AHplus*

Grupo 2: *Endosequence BC*

Os resultados do MEV, demonstraram que a adaptação à dentina foi suficiente ao longo do comprimento do canal radicular, como representado na figura 9, e que as secções coronais mostraram um maior selamento.

No que diz respeito ao Micro-CT, representado na figura 10 e tabela 4, verificaram que o volume de poros fechados foi maior para *AHPlus* na secção apical em comparação com o cimento *EndoSequence BC*, sem significância estatística, sendo que o cimento *BC* apresentou um volume maior de poros abertos que o *AHPlus*.

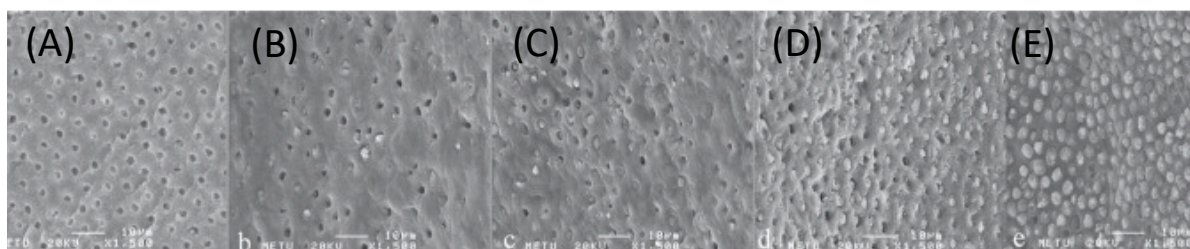


Figura 9 - imagens do MEV (A) túbulos abertos após irrigação com EDTA; (B) obturação parcial dos túbulos na porção apical com AHplus; (C) obturação parcial dos túbulos apicais com Endosequence BC; (D) selamento coronário superior com AHplus; (E) selamento coronário superior com Endosequence BC. (Adaptado de Huang et al., 2018)

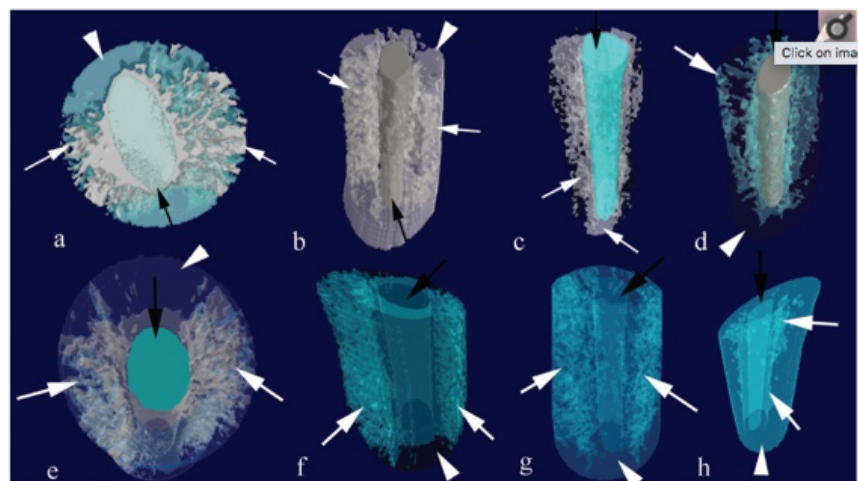


Figura 10 - imagens do Micro-CT: vista axial das secções coronárias do AHplus (a) e do Endosequence BC (e); Observação da penetração superior coronária do AHplus (b) e (f) do Endosequence BC; secções médias do AHPlus (c) e Endosequene BC (g); secções apicais do AHplus (d) e do Endosequence BC (h). A setas brancas indicam o cimento, as setas pretas indica a guta-percha e os triângulos brancos indicam a dentina (Adaptado de Huang et al., 2018)

Tabela 4 - Parâmetros estruturais tridimensionais dos micro-poros em todo o sistema de canais radiculares avaliado por micro-CT (Adaptado de Huang et al., 2018)

Sections	Groups	Number of samples (N)	Total ROI Volume (mm ³)	Object (Dentine) Volume (mm ³)	Volume of Closed Pores (mm ³)	Surface of Closed Pores (mm ²)	Volume of Open Pores (mm ³)	Open Porosity (%)
Apical Third	AH Plus Sealer	12	7.177	1.500	0.151 ^a	0.231 ^a	4.49 ^a	64.24 ^a
	BC Sealer	12	7.400	1.420	0.115 ^a	0.189 ^a	6.24 ^c	73.86 ^a
Middle Third	AH Plus Sealer	12	7.235	1.445	0.354 ^b	0.322 ^b	6.10 ^{b,c}	70.24 ^a
	BC Sealer	12	7.960	1.330	0.408 ^b	0.431 ^b	6.84 ^d	83.25 ^{a,b}
Coronal Third	AH Plus Sealer	12	7.383	1.358	0.620 ^c	0.636 ^c	6.32 ^{b,c}	75.39 ^{a,b}
	BC Sealer	12	7.962	1.330	0.861 ^c	0.763 ^c	6.72 ^d	82.74 ^b

Huang et. al concluíram que o cimento *EndoSequence BC* possui uma capacidade de selamento semelhante em todo o canal radicular à do cimento *AH Plus* e que, nas secções coronária e média existe um melhor selamento do que na parte apical com ambos os cimentos (Huang et al., 2018).

Relativamente aos cimentos à base de resina em combinação com diferentes protocolos de irrigação, dos cinco estudos analisados, apenas 3 mostraram concordância e permitiram tirar as seguintes conclusões:

- Uma irrigação final com CHX a 2% diminui a ocorrência de microinfiltração dos cimentos *AHplus* e *RealSeal*;
- Não existe diferença significativa na remoção da camada de *smear layer* e por isso, na microinfiltração, dos cimentos *AHplus* e *RealSeal*, na combinação de CHX ou NaOCl com as soluções EDTA ou ácido fosfórico;
- O *AHplus* e o *RealSeal* possuem capacidade de selamento semelhante;

Tal foi comprovado por Prado et al. que avaliaram o efeito dos diferentes protocolos de soluções de irrigação na ocorrência de infiltração bacteriana coronária, de dois sistemas de obturação, o *guta-percha/AHplus* (*Dentsply, Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil*) e *Resilon* (*Resilon Research LLC, Madison CT, USA*)/ *Realseal SE* (*Sybronendo, Orange, California, USA*).

As amostras deste estudo foram divididas em grupos, consoante o tipo de protocolo de irrigação utilizado, como descrito na tabela 5:

Tabela 5 - protocolos de irrigação utilizados em cada grupo experimental (Adaptado de Prado et al., 2014)

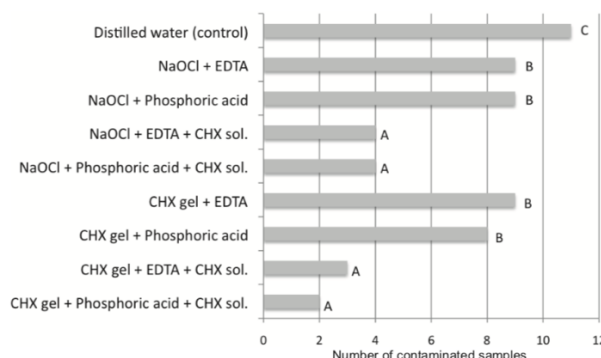
Groups	Chemical-auxiliary substance	Intermediate flush	Smear layer removal	Final flush
Distilled water (DW)	6 mL DW	10 mL DW	3 mL DW	10 mL DW
NaOCl/EDTA	1 mL 5.25% NaOCl + 5 mL DW	10 mL DW	3 mL 17% EDTA	10 mL DW
NaOCl/H ₃ PO ₄	1 mL 5.25% NaOCl + 5 mL DW	10 mL DW	3 mL 37% phosphoric acid	10 mL DW
NaOCl/EDTA/CHX	1 mL 5.25% NaOCl + 5 mL DW	10 mL DW	3 mL 17% EDTA	5 mL DW + 5 mL 2% CHX solution
NaOCl/H ₃ PO ₄ /CHX	1 mL 5.25% NaOCl + 5 mL DW	10 mL DW	3 mL 37% phosphoric acid	5 mL DW + 5 mL 2% CHX solution
CHX/EDTA	1 mL 2% CHX gel + 5 mL DW	10 mL DW	3 mL 17% EDTA	10 mL DW
CHX/H ₃ PO ₄	1 mL 2% CHX gel + 5 mL DW	10 mL DW	3 mL 37% phosphoric acid	10 mL DW
CHX/EDTA/CHX	1 mL 2% CHX gel + 5 mL DW	10 mL DW	3 mL 17% EDTA	5 mL DW + 5 mL 2% CHX solution
CHX/H ₃ PO ₄ /CHX	1 mL 2% CHX gel + 5 mL DW	10 mL DW	3 mL 37% phosphoric acid	5 mL DW + 5 mL 2% CHX solution

Os resultados da análise da microinfiltração através do método de penetração bacteriana coronária, representados no gráfico 1, foram:

- sem diferenças significativas após o uso de CHX ou NaOCl, associado ao EDTA ou ácido fosfórico, para remoção da *smear layer*.
- Os grupos em que foi realizada uma irrigação final com CHX apresentaram um número menor de amostras contaminadas.
- Não houve diferença significativa na microinfiltração coronal de ambos os sistemas de obturação, *guta-percha /AH Plus* e *Resilon / RealSeal SE* ;

- As amostras em que foi usada a CHX como irrigante final começaram a sofrer contaminação apenas na 6ª semana, enquanto que nos restantes grupos o crescimento microbiano foi verificado na 1ª ou 2ª semana.

Gráfico 1- Número de amostras contaminadas de acordo com o protocolo de irrigação utilizado (Adaptado de Prado et al., 2014)



Prado et al., concluíram que a irrigação final com clorexidina, após a remoção da *smear layer*, diminui a ocorrência de microinfiltração coronária, quando utilizados os sistemas de obturação *guta-percha/AH plus e Resilon/Real Seal*.

Outra conclusão relativamente aos estudos da microinfiltração dos cimentos à base de resina, com variação no protocolo de irrigação, foi:

- o NaOCl é o que contribui para a maior ocorrência de microinfiltração, seguido pelo Ácido Cítrico e por último a CHX, que é a que provoca menor microinfiltração, com diferença significativa entre o NaOCl e a CHX;

Tal foi demonstrado por Lahor-Soler et al., ao compararem a microinfiltração apical ocorrida na obturação com o cimento *RealSeal (SybronEndo, Orange, CA, USA)*, quando diferentes soluções de irrigação final são usadas.

O protocolo de irrigação utilizado durante a instrumentação foi a solução de 5,25% de NaOCl, seguida de 17% de EDTA em gel e 10mL água destilada, antes da irrigação final. Consoante a solução final de irrigação utilizada, as amostras foram separadas em três grupos:

Grupo A: 6mL de 20% de ácido cítrico

Grupo B: 6mL de 2% de CHX

Grupo C: 6mL de 5,25% de NaOCl

Foi feita a obturação das amostras com o sistema de obturação *Resilon (Resilon Research LLC, Madison CT, USA)/ RealSeal*, e de seguida, foram preparadas para a avaliação da microinfiltração através do método de penetração de corante, em que os resultados, representados na tabela 6, foram os seguintes:

- os valores mais baixos de microinfiltração foram registados para o grupo B, seguido pelo grupo A, sem diferenças significativas.
- os valores mais elevados de microinfiltração foram registados para o grupo C, com diferenças significativas para os outros grupos.

Tabela 6 - Valores de microinfiltração apical dos grupos estudados (Adaptado de Lahor-Soler et al., 2015)

	N	Mean	Std. Deviation	95% Confidence Interval for Mean	
				Lower Bound	Upper Bound
Citric Acid 20%	40	0,2525	0,19998	0,1885	0,3165
Chlorhexidine 2%	40	0,2425	0,22175	0,1716	0,3134
NaOCl 5.25%	40	0,8725**	0,31864	0,7706	0,9744
Positive Control	4	14,250	0,95743	12,7265	15,7735
Negative Control	4	0	-	-	-

Com este estudo, concluiu-se que há diferenças relevantes na ocorrência de microinfiltração quando diferentes protocolos de irrigação são utilizados, e que o uso de NaOCl aumenta a ocorrência de infiltração, quando o *RealSeal* é utilizado como cimento, ao contrário da CHX e do ácido cítrico que diminuem a microinfiltração. (Lahor-Soler et al., 2015)

Além disso, com os estudos revistos concluiu-se também que:

- não existe diferença significativa na ocorrência de microinfiltração do cimento à base de resina AH26, entre as concentrações 7% e 20% de ácido cítrico.

Essa conclusão foi retirada com base no estudo de Farhad et al. que avaliaram a ocorrência de microinfiltração apical do cimento resinoso *AH26* (*Dentsply, DeTrey, Konstanz, Germany*), quando utilizados três regimes diferentes de irrigação final.

Durante a instrumentação foi usada como solução de irrigação o NaOCl, e a irrigação final diferiu nos diferentes grupos:

Grupo A: 5mL 17% EDTA 1min + 5mL 5,25% NaOCl + 5mL água destilada

Grupo B: 5mL 7% ácido cítrico 1min + 5mL 5,25% NaOCl + 5mL água destilada

Grupo C: 5mL 20% ácido cítrico 1min + 5,25% NaOCl + 5mL água destilada

Após a secção longitudinal das amostras, através do método de penetração de corante, foram registados os valores de microinfiltração, em que os resultados foram:

- diferenças significativas nos valores de microinfiltração entre os grupos A e B, e entre A e C, não sendo significativo entre B e C
- os valores mais baixos de microinfiltração foram observados para o grupo C
- os valores mais elevados registados para o grupo A

Tais resultados levam a concluir que, quando um cimento de resina, como o AH26, é utilizado na obturação do canal radicular, o uso de ácido cítrico é recomendado, em vez do EDTA, na remoção de *smear layer* e melhora do selamento apical, sem diferenças significativas relativamente à concentração do ácido cítrico. (Farhad et al., 2008)

Em discordância relativamente ao efeito significativo das soluções de irrigação na capacidade de selamento dos cimentos à base de resina *RealSeal* e *AHplus*, estão os estudos de Balasubramanian et al. e Ertas et al. :

Balasubramanian et al. realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o selamento apical obtido com o sistema *Resilon* (*Resilon Research LLC, Madison, Connecticut*) /*Epiphany Self-Etch (SE)* (*Pentron Clinical Technologies, Wallingford, Connecticut*), quando são usadas diferentes soluções de irrigação final, em combinação com o NaOCl.

Para tal, organizaram os grupos experimentais consoante o protocolo de irrigação utilizado:

Grupo I: 5mL de 17% EDTA durante 1 minuto + 1,3% NaOCl durante 1 minuto

Grupo II: 5mL de 10% de ácido cítrico durante 1 minuto + NaOCl durante 1 minuto

Grupo III: 1,3% de NaOCl + 1mL de MTAD durante 5 minutos + 4mL de MTAD

No final, todos os grupos foram irrigados com 5mL de água destilada e obturados com o sistema *Resilon/Epiphany*.

Grupo controlo positivo: obturação com um único cone de *Resilon* sem o cimento

Grupo controlo negativo: obturação com o sistema *Resilon/Epiphany SE*, através da técnica de compactação lateral

Os resultados de microinfiltração apical, representados na figura 11, revelaram diferenças significativas entre os grupos experimentais e os grupos controlo, sem diferenças significativas da microinfiltração, entre os três grupos experimentais.

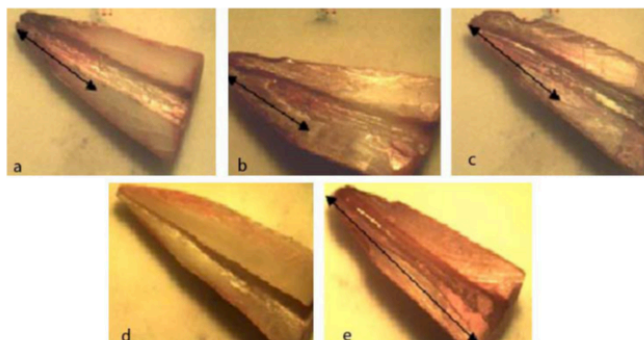


Figura 11 - Extensão da penetração de corante nos grupos I (a), grupo II (b), grupo III (c), e dos grupos controlo negativo (d) e positivo (e) (Adaptado de Balasubramanian et al., 2017)

Tendo em conta os resultados obtidos, a conclusão do estudo foi que não existe diferença significativa na capacidade de selamento apical do *Resilon/Epiphany SE*, quando são

usadas as soluções de irrigação 17% EDTA, 10% de ácido cítrico e MTAD, em combinação com o NaOCl (Balasubramanian et al. 2017).

Ertas et al. realizaram um estudo em que foi avaliado o efeito do MTAD e outras soluções irrigantes, na microinfiltração apical e, também na resistência de união, do cimento endodôntico *AHplus*.

Durante a instrumentação das amostras, estas foram irrigadas com 1 mL das seguintes soluções:

Grupo 1: Solução salina

Grupo 2: NaOCl a 1%

Grupo 3: EDTA 17%

Grupo 4: EDTA 17% + NaOCl 1%

Grupo 5: CHX 2%

Grupo 6: NaOCl 1,3% + 5mL MTAD

Todas as amostras foram obturadas com o cimento *AHplus* e cones de *guta-percha*, através da técnica de condensação lateral, sendo seguidamente, armazenadas em ambiente de 37°, durante 3 dias e posteriormente, avaliadas quanto à ocorrência de microinfiltração apical, através da técnica de transporte de fluídos.

Neste trabalho, foi também avaliada a resistência de união com recurso à máquina de teste universal.

Os resultados deste estudo estão representados na tabela 7 e foram os seguintes:

- a nível da microinfiltração, as diferentes soluções de irrigação utilizadas não demonstraram ter efeito no selamento apical, pois os resultados não foram estatisticamente significativos.
- relativamente à resistência de união, o grupo 6 demonstrou menores valores em relação aos outros grupos, que não obtiveram diferenças significativas nos resultados entre eles.
- verificou-se uma relação inversamente proporcional entre a microinfiltração apical e a resistência à união, não havendo diferença estatística entre os modos de falha.

Tabela 7 - Valores da infiltração apical de fluído e da resistência de união dos diferente grupos (Adaptado de Ertas et al., 2015)

Groups	N	Microleakage (Lp10 ⁻⁴)	Coronal	Push-out (Mpa)		Total
		Mean ± SD	Mean ± SD	Middle Mean ± SD	Apical Mean ± SD	Mean ± SD
Saline	20	1.9 ^a ± 1.0	8.7 ^a ± 1.3	7.8 ^{ab} ± 1.6	6.3 ^{ab} ± 1.3	7.6 ^a ± 1.1
NaOCl	20	1.8 ^a ± 0.6	8.8 ^a ± 1.0	8.2 ^a ± 1.7	6.7 ^a ± 1.7	7.9 ^a ± 1.1
EDTA	20	1.7 ^a ± 0.8	9.5 ^a ± 1.9	8.2 ^a ± 2.5	6.7 ^a ± 1.8	8.2 ^a ± 1.3
EDTA/NaOCl	20	1.6 ^a ± 0.4	9.2 ^a ± 1.4	8.4 ^a ± 1.9	6.9 ^a ± 1.6	8.1 ^a ± 1.0
Chlorhexidine	20	1.8 ^a ± 0.9	9.5 ^a ± 1.9	7.2 ^{ab} ± 1.5	6.6 ^a ± 1.8	7.8 ^a ± 1.1
MTAD	20	2.2 ^a ± 0.7	6.3 ^b ± 1.7	6.1 ^b ± 2.4	4.9 ^b ± 1.6	5.8 ^b ± 1.0

Assim concluíram que, as soluções de irrigação utilizadas não afetam a microinfiltração apical quando os materiais de obturação utilizados são o cimento *AHplus* e a *guta-percha*, e que o MTAD reduz a resistência de união do cimento *AHplus* em comparação às outras soluções estudadas. A relação entre a microinfiltração apical e os valores da resistência de união, foi fraca (Ertas et al., 2015).

No que diz respeito ao uso de cimentos biocerâmicos, seja como material de obturação do canal radicular, ou como material de retrobturação em cirurgia periapical, todos os estudos revistos, em que houve variação do protocolo das soluções de irrigação utilizadas, concluíram que:

- o tipo de solução de irrigação influencia os valores de microinfiltração ocorrida, e por isso as diferentes soluções de irrigação afetam a capacidade de selamento dos cimentos biocerâmicos.

Relativamente aos efeitos das soluções de irrigação nos cimentos biocerâmicos, os seguintes estudos concluem que:

- a irrigação com QMix, em comparação com o NaOCl/EDTA, diminui a capacidade de selamento dos cimentos *MTAfillapex* e *Adseal*;
- a CHX diminui a microinfiltração dos cimentos biocerâmicos estudados, o *MTA fillapex*, *Bioaggregate*;
- a irrigação final com ácido maleico, após NaOCl, resulta em maior microinfiltração, que o EDTA;
- o EDTA e o MTAD, após NaOCl, provocam maior microinfiltração, em comparação com a CHX.

Singh et al. realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o efeito de dois protocolos de irrigação diferentes, o NaOCl a 5,25%, seguido de 17% de EDTA e o QMix, na capacidade de selamento apical de dois cimentos, um biocerâmico, o *MTA Fillapex* (*Angelus, Londrina, Parana*) e o outro à base de resina, o *Adseal* (*Meta Biomed, Cheongju, South Korea*).

Sendo o procedimento semelhante ao dos estudos descritos anteriormente, entre a troca dos instrumentos, cada canal foi irrigado com 3 mL de uma solução de irrigação e os grupos foram formados consoante o regime de irrigação utilizado:

Grupos 1 e 2: NaOCl a 5,25% + 17% de EDTA

Grupos 3 e 4: QMix

Grupos 5 e 6 (controlo): solução salina estéril

Todos foram submetidos a uma irrigação final de 2 mL de solução salina e, cada grupo foi obturado com o cimento específico:

Grupos 1 e 3: *MTA Fillapex*

Grupos 2 e 4: *Adseal*

De seguida, foi avaliada a microinfiltração, através do método de penetração de corante, como verificado na figura 12, que foi medida desde a parte apical à coronal do canal radicular sob um estereomicroscópio com um micrômetro ocular.

Os resultados deste estudo estão representados na Tabela 8, em que Singh et al. verificaram que:

O Grupo 3 (QMIX + *MTA fillapex*) apresentou quantidade máxima de infiltração apical, enquanto que o Grupo 2 (NaOCl/EDTA+*Adseal*) apresentou a menor quantidade de microinfiltração apical, entre todos os grupos experimentais. As diferenças foram altamente significativas entre os grupos.

Tabela 8 - Comparação dos valores de microinfiltração ocorrida nos diferentes grupos (Adaptado de Singh et al., 2016)

Groups	Mean	Standard Deviation	Median	Sum of ranks	H-value	P-value
Group 1	2.9	0.3	2.9	264.50	54.2832	0.00001*
Group 2	2.1	0.4	2.0	162.00		
Group 3	3.7	0.3	3.8	435.50		
Group 4	3.4	0.3	3.4	362.00		
Group 5	4.7	0.5	5.1	551.00		
Group 6	0.3	0.1	0.3	55.00		



Figura 12 - Representação da penetração do corante na região apical dos grupos 1, 2, 3 e 4 (Adaptado de Singh et al., 2016)

Tendo por base os resultados, Singh et al. concluíram que a capacidade de selamento apical do *MTA Fillapex* e do *Adseal* diminuiu quando o QMix foi usado como solução de irrigação e que, o NaOCl seguido de 17% de EDTA obteve melhores resultados que o QMix. Além disso, o *Adseal* mostrou melhor capacidade de selamento do que o *MTA Fillapex*, sendo que todos os grupos foram afetados, e nenhum deles apresentou um selamento estanque. Assim, mais uma vez, a capacidade de selamento apical dos cimentos foi afetada pelas soluções de irrigação (Singh et al., 2016).

Outro estudo realizado por Ulusoy et al. teve um duplo objetivo: comparar os efeitos do ácido maleico e do EDTA na capacidade de selamento de vários cimentos; e comparar a capacidade de selamento apical dos cimentos:

- *Hybrid Root* (Sun Medical, Tokyo, Japan), um cimento à base de resina;
- *iRoot SP* (Innovative BioCrea- mix Inc, Vancouver, Canada), um cimento biocerâmico à base de silicato de cálcio;
- *EndoREZ* (Ultradent, South Jordan, USA), um sistema de obturação composto por cones de guta-percha revestidos por resina e cimento à base de uretato-dimetacrilato;
- *AHplus* (Dentsply, Konstanz, Germany), cimento à base de resina epóxi.

A amostra era formada por noventa dentes monorradiculares, que foram preparados e instrumentados, de modo a poderem ser obturados.

A irrigação durante a instrumentação foi 2mL de NaOCl a 2,5%.

As amostras foram organizadas em grupos consoante o tipo de solução irrigante final e material de obturação utilizado:

Grupo 1: ácido maleico 7% + *Hybrid Root*/guta-percha

Grupo 2: EDTA 18% + *Hybrid Root*/guta-percha

Grupo 3: ácido maleico 7% + *iRoot SP*/guta-percha

Grupo 4: EDTA 18% + *iRoot SP*/guta-percha

Grupo 5: ácido maleico 7% + *EndoREZ sealer*/*EndoREZ points*

Grupo 6: EDTA 18% + *EndoREZ sealer*/*EndoREZ points*

Grupo 7: ácido maleico 7% + *AHplus*/guta-percha

Grupo 8 EDTA 18% + *AHplus*/guta-percha

De seguida, as amostras foram preparadas para avaliação da microinfiltração através do método de filtração de fluídos, e os resultados, presentes na tabela 9, foram os seguintes:

Relativamente aos cimentos utilizados:

- diferenças estatisticamente significativas entre os grupos obturados com diferentes cimentos.
- os valores mínimos de microinfiltração foram obtidos para os grupos 7 e 8 (*AHplus*) e para os grupos 5 e 6 (*EndoREZ*)

Relativamente às soluções de irrigação:

- os valores máximos de microinfiltração foram para os grupos 1 e 2 (*Hybrid Root*)
- diferenças significativas na microinfiltração entre os grupos 1, 3, 5 e 7 (ácido maleico) e os restantes grupos (EDTA)
- os grupos 1, 3, 5 e 7 (ácido maleico) apresentaram maiores valores de microinfiltração em comparação com os restantes grupos (EDTA)

Tabela 9 - Valores médios, erro, mínimos e máximos da microinfiltração dos diferentes grupos (Adaptado de Ulusoy et al., 2014)

Groups	N	Mean	Standard error	Minimum	Maximum
Group 1: Maleic acid + broid Root SEAL/Gutta-percha	10	0.000853	0.000039	0.000715	0.001093
Group 2: EDTA + Hybrid Root SEAL/Gutta-percha	10	0.000678	0.000052	0.000338	0.000825
Group 3: Maleic acid + iRoot Sp sealer/Gutta-percha	10	0.000591	0.000060	0.000278	0.000944
Group 4: EDTA + iRoot Sp sealer/Gutta-percha	10	0.000489	0.000080	0.000040	0.000815
Group 5: Maleic acid + EndoREZsealer/EndoREZ points	10	0.000401	0.000034	0.000229	0.000527
Group 6: EDTA + EndoREZsealer/EndoREZ points	10	0.000313	0.000062	0.000010	0.000596
Group 7: Maleic acid + us sealer/Gutta-percha	10	0.000367	0.000015	0.000298	0.000467
Group 8: EDTA+ AH Plus sealer/Gutta-percha	10	0.000346	0.000026	0.000248	0.000477

Assim, concluíram que o selamento apical é afetado pela solução de irrigação final utilizada, e os cimentos *AHplus* e *EndoRez* apresentam melhor capacidade de selamento, em comparação com *iRootSP* e *HybridRoot*. (Ulusoy, Nayir, Celik & Yaman, 2017)

Mohamed et al. realizaram um estudo semelhante, com o objetivo de avaliar a influência das soluções de NaOCl a 3%, CHX a 2% e peróxido de hidrogênio a 3% na microinfiltração apical de três sistemas de preenchimento de canal radicular com *guta-percha*, através da técnica de cone único com os cimentos *MTA Fillapex* (Angelus, Londrina/Parana/Brazil), *AH Plus* (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), e o sistema *Resilon / Realseal SE*.

O procedimento foi semelhante ao anterior, e as amostras foram organizadas em grupos consoante o tipo de solução irrigante utilizada entre limas, durante a instrumentação dos canais radiculares, sendo que todas sofreram uma irrigação final com 5 mL de EDTA a 17%, durante 1 minuto, e 5 mL de água destilada.

Os grupos foram organizados da seguinte maneira:

Grupo 1: hipoclorito de sódio a 3%

Grupo 2: clorexidina a 2%

Grupo 3: peróxido de hidrogênio a 3%

De seguida, foram formados subgrupos consoante a técnica e tipo de materiais de obturação utilizados, da seguinte forma:

Subgrupo A: cone único *ProTaper* gutta-percha tamanho F4 / *MTA Fillapex*

Subgrupo B: cone único *ProTaper* gutta-percha tamanho F4 / *AH Plus*

Subgrupo C: *resilon* tamanho 40 / 0,06 com *Realseal SE*

Todas as amostras foram colocadas em corante azul de metileno a 2% e armazenadas por 72 horas, os 7 mm apicais da porção proximal de cada amostra foram cortados para expor

o material de preenchimento e a microinfiltração de cada amostra foi avaliada através de um estereomicroscópio digital, com ampliação de 20 vezes, como é possível observar através da figura 13.

Os resultados deste estudo, representados na tabela 10, revelaram que:

- todos os subgrupos experimentais demonstraram infiltração apical de medidas variáveis, exceto o subgrupo B do grupo 3.
- O sistema de obturação de cone único do subgrupo B não mostrou infiltração apical quando utilizado o protocolo de irrigação do grupo 3.
- O Sistema de obturação de cone único do subgrupo A mostrou um melhor selamento apical quando usado após irrigação com o grupo 2 ou 1, do que quando irrigado com o grupo 3.
- O Sistema de obturação de cone único subgrupo C apresentou um melhor selamento apical quando utilizado após irrigação com o grupo 1, do que quando usado após irrigação com o grupo 2 ou 3.

Tabela 10 - Comparação dos valores médios de microinfiltração ocorrida nos diferentes grupos

(Adaptado de Mohamed et al., 2019)

Irrigation solutions (Groups)	Root canal filling materials (Subgroups)			p value
	Gutta-percha/Fillapex* (Subgroup A)	Gutta-percha/AH Plus* (Subgroup B)	Resilon/Realseal SE** (Subgroup C)	
NaOCL (Group 1)	0.67 ± 0.20 ^{A1}	0.92 ± 0.20 ^{A2}	1.11 ± 0.50 ^{A2}	0.019
CHX (Group 2)	0.49 ± 0.08 ^{A1}	0.34 ± 0.15 ^{B1}	3.17 ± 0.51 ^{B2}	0.000
H ₂ O ₂ (Group 3)	1.56 ± 0.67 ^{B1}	0.00 ± 0.00 ^{C2}	5.82 ± 0.74 ^{C3}	0.000
p value	0.001	0.000	0.000	

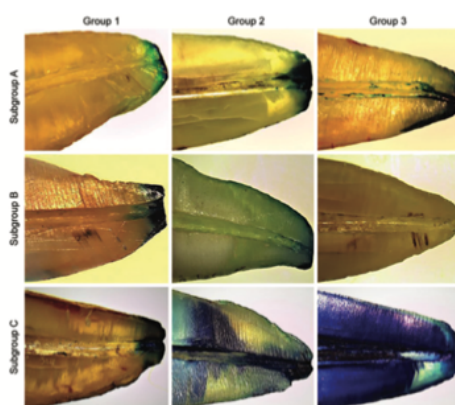


Figura 13 - Microinfiltração apical ocorrida nos diferentes grupos (Adaptado de Mohamed et al., 2019)

Mohamed et al. concluíram com este estudo que:

- O tipo de solução irrigante afetou significativamente a capacidade de selamento apical dos cimentos testados.
- Ausência de infiltração quando o *AHplus* é usado com a solução de irrigação de H₂O₂ 3%+EDTA17%.

- a solução de CHX a 2% aumenta a capacidade de selamento do *MTAfillapex* mas diminui a capacidade de selamento do *RealSeal SE*, que é melhor com NaOCl.
- o H₂O₂ também diminui o selamento de *RealSeal SE*

A cirurgia apical pode ser necessária quando a terapia endodôntica não cirúrgica não é indicada ou quando falha. Este tratamento envolve uma série de etapas, tais como: o desbridamento do tecido patológico, exposição do ápice radicular, ressecção do ápice, preparação do ápice radicular para os materiais de preenchimento da extremidade radicular, e colocação dos materiais de obturação radicular (Cohen et al, 2011).

Dois dos aspectos mais importantes deste processo são a topografia da superfície apical seccionada e o tratamento químico do ápice, para que se dê a regeneração dos tecidos periodontais (Cohen et al., 2011).

Vários materiais foram recomendados para uso como materiais de preenchimento radicular, como é o caso dos cimentos biocerâmicos (Bayram, Saklar, Bayram, Orucoglu & Bozkurt, 2015).

Após a preparação da cavidade da extremidade da raiz, podem ser usadas várias soluções de irrigação para limpar o canal. Sendo que, parte da solução de irrigação pode permanecer no interior do canal radicular, podendo afetar as propriedades do material de preenchimento da extremidade da raiz (Bayram et al., 2015).

Com base nestas evidências, Bayram et al. realizaram um estudo com o objetivo de investigar a capacidade de selamento de materiais de preenchimento de raiz, usando o MTA (Angelus, Londrina, Brazil), cimento *Portland* e *Bioaggregate* (Diadent Group International, Vancouver, Canada), após diferentes soluções de irrigação (Bayram et al., 2015).

A amostra constituída por 130 dentes monorradiculares, em que foram removidas as coroas a 15mm do ápice radicular, e instrumentados os canais radiculares. Durante a instrumentação, foi utilizado o NaOCl a 5,25%, como solução irrigação, e no final todas as amostras foram obturadas com *guta-percha* e cimento *AHplus* (Dentsply De Trey, Konstanz, Germany) através da técnica de compactação lateral a frio.

Foi realizada a ressecção apical das amostras e a preparação das retrocavidades com 3mm de profundidade e 1,5mm de diâmetro.

As amostras deste estudo foram divididas em grupos consoante o tipo de solução irrigante utilizada durante a cirurgia apical:

Grupo 1 ,5 e 9: NaOCl 5,25% + EDTA 17%

Grupo 2 ,6 e 10: NaOCl 5,25% + CHX 2%

Grupo 3 ,7 e 11: NaOCl 5,25% + MTAD

Grupo 4 ,8 e 12: NaOCl 5,25% + Água destilada

De seguida, os diferentes grupos foram organizados com base no cimento utilizado para a retrobturação:

Grupo 1, 2, 3 e 4: MTA

Grupo 5, 6, 7 e 8: cimento *Portland*

Grupo 9, 10, 11 e 12: *Bioaggregate*

Grupo controlo positivo: sem material de retrobturação

Grupo controlo negativo: retrobturação com cera vermelha

Foi feito o controlo radiográfico das amostras, e de seguida, foram colocadas em ambiente de 37° com 100% de humidade, durante 4 dias.

Neste estudo, avaliou-se o selamento apical, através do método de filtração computadorizada de fluídos e os resultados, presentes no gráfico 2 e tabela 11, demonstraram que:

- a quantidade de microinfiltração foi independente do tipo de materiais de preenchimento radicular, mas dependeu da solução de irrigação utilizada.
- os cimentos MTA, cimento *Portland* e *Bioaggregate* apresentaram menor infiltração nos grupos em que foi usada solução de CHX e solução de água destilada como irrigantes, sem diferença significativa entre os grupos
- a maior infiltração foi verificada nos grupos de soluções EDTA e MTAD, sem diferença significativa entre os grupos.

Gráfico 2 - representação gráfica dos valores médios de microinfiltração apical dos diferentes cimentos testados (Adaptado de Bayram et al., 2015)

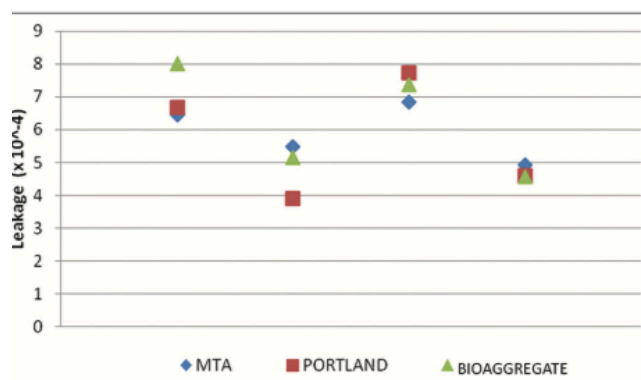


Tabela 11 - Valores médios da microinfiltração dos diferentes materiais de retrobturação, após irrigação com as diferentes soluções (Adaptado de Bayram et al., 2015)

Filling material	Irrigation solution	Mean±SD ([$\mu\text{l} \cdot \text{cmH}_2\text{O}^{-1}$]* min ⁻¹)
MTA	EDTA	0.000644±0.000175
	CHX	0.000548±0.000199
	MTAD	0.000685±0.000132
	Distilled water	0.000494±0.000162
Portland cement	EDTA	0.000667±0.000173
	CHX	0.00039±0.000135
	MTAD	0.000774±0.000255
	Distilled water	0.00046±0.000164
BA	EDTA	0.000801±0.000190
	CHX	0.000514±0.000210
	MTAD	0.000737±0.000179
	Distilled water	0.000455±0.000139

Bayram et al. concluíram com base nos resultados obtidos que, o cimento *Portland* previne a infiltração tão eficientemente quanto o MTA e o *Bioaggregate* e, que a capacidade de selamento do *Bioaggregate* foi tão satisfatória quanto a do MTA.

No que diz respeito as soluções de irrigação, o EDTA e MTAD aumentam a infiltração apical dos materiais obturadores deste estudo, enquanto que as soluções de CHX e água destilada a diminuíram (Bayram et al., 2015).

Noutro estudo semelhante, Chhparwal et al. avaliaram o efeito da irrigação com as soluções de EDTA a 17% e ácido maleico a 7% na microinfiltração do MTA e do *Biodentine*, quando estes são usados como materiais de retrobturação radicular. O protocolo seguido foi semelhante ao do estudo anterior, em que se utilizou como solução de irrigação entre instrumentos de 5 mL de NaOCl a 2,5% durante 1 minuto e uma irrigação final foi realizada com 5 mL de água destilada durante 1 min. Após a realização da ressecção apical e a preparação da cavidades da raiz, as amostras foram organizadas consoante o tipo de solução irrigante utilizada (5mL de solução durante 1 minuto):

Grupo A: EDTA 17%

Grupo B: Ácido Maleico 7%

Grupo C: solução salina 0,9%

No final todos os grupos foram irrigados com 5mL de água destilada, durante 1 minuto.

De seguida, as retrocavidades foram secas e obturadas com o respetivo material de retrobturação e organizadas em dois grupos consoante o tipo material de preenchimento:

Grupo 1: preenchimento com MTA

Grupo 2: preenchimento com *Biodentine* (BD)

O método utilizado para avaliação da microinfiltração foi através do modelo de penetração de glucose às 24 horas, aos 7 e 14 dias, e os resultados foram os seguintes:

- no grupo MTA: a solução salina mostrou microinfiltração máxima em todos os intervalos de tempo ($P < 0,001$) em comparação com 17% de EDTA e 7% de MA, sendo que não houve diferença significativa entre estes últimos.
- no grupo BD: a solução salina mostrou a microinfiltração máxima em todos os intervalos de tempo ($P < 0,001$) em comparação com os grupos EDTA a 17% e AM a 7%, com uma diferença significativa entre as soluções de EDTA e MA em 48 horas ($P = 0,008$), 7 dias ($P < 0,001$) e 14 dias ($P = 0,002$), em que o EDTA apresentou maior infiltração.
- às 48 horas e irrigação com EDTA, o grupo Biodentine apresentou microinfiltração significativamente maior que o grupo MTA, sendo que com irrigação de AM e Solução Salina, não houve diferença significativa entre BD e MTA.
- Aos 7 e 14 dias, os grupos irrigados com 17% EDTA, 7% AM e soro fisiológico demonstraram mais microinfiltração mais significativos no grupo biodentine em comparação ao grupo MTA.

Neste mesmo estudo, foi também avaliada a presença ou ausência de *smear layer* através da examinação com microscópio electrónico de varrimento. Para tal submeteram-se novas amostras ao mesmo procedimento anterior e formaram-se dois grupos:

Grupo 1: irrigação com 5mL de EDTA a 17% ,durante 1min

Grupo 2: irrigação com 5mL de ácido maleico a 7% , durante 1 min

Ambos os grupos foram submetidos a uma irrigação final com 5mL de água destilada , durante 1 minuto.

Seguidamente as amostras foram preparadas para observação ao microscópio e os resultados foram os seguinte:

- Cerca de 7% de AM foram capazes de remover a camada de *smear layer* melhor que 17% de EDTA, não havia presença de smear layer nas paredes do canal radicular e os túbulos estavam abertos no grupo com 7% de MA.
 - EDTA a 17%, os túbulos foram parcialmente ocluídos com a camada de smear layer.
- Por último, também foi feita uma avaliação estereomicroscópica da adaptação marginal do material de preenchimento da extremidade da raiz às paredes do canal radicular em que os resultados foram:
- uma fraca adaptação marginal do BD às paredes do canal tratado com 17% de EDTA em comparação com 7% de AM.
 - uma boa adaptação do MTA às paredes do canal radicular tratadas com 17% de EDTA e 7% de AM.

Assim, com este estudo, Chhapparwal et al. concluíram que o MTA teve uma melhor capacidade de selamento em comparação com o *Biodentine* quando as cavidades de retrobturação radiculares foram irrigadas com a solução irrigante de AM a 7%.

Em relação à capacidade de selamento dos vários cimentos biocerâmicos testados, as conclusões retiradas dos estudos anteriormente descritos, foram as seguintes:

- o cimento à base de resina, *Adseal*, apresentou melhor capacidade de selamento que o *MTAfillapex*, quando o protocolo de irrigação é NaOCl/EDTA ou QMix;
- os cimentos à base de resina *AHplus* e *EndoRez* mostraram ser superiores do que o *iRootSP* e o *HybridRoot*, quando o protocolo é NaOCl, seguido de EDTA ou AM;
- o *Bioaggregate* possui capacidade de selamento tão eficaz quanto o MTA, quando o protocolo é NaOCl, seguido de EDTA, CHX ou MTAD;
- o MTA apresenta melhor selamento que o *Biodentine*, quando a retrocavidade é preparada com ácido maleico.

Todas as conclusões retiradas dos 13 estudos incluídos na revisão narrativa realizada, foram organizadas e descritas numa tabela, presente no anexo 1.

III- Conclusão

Atualmente, a biocerâmica possui uma série de utilidades e aplicações em Medicina Dentária, mais especificamente na área da Endodontia e Dentisteria Restauradora.

Os materiais biocerâmicos têm vindo a demonstrar resultados promissores, a respeito do seu uso como cimento do canal radicular. No entanto, os estudos realizados às suas propriedades demonstram discrepâncias nos seus resultados, o que leva a concluir que não possuem todos os requisitos necessários para serem considerados o “cimento ideal”. Mesmo assim, e com base na literatura consultada, os cimentos biocerâmicos demonstram possuir propriedades favoráveis e adequadas para o seu uso no tratamento endodôntico. Assim, torna-se fundamental adquirir todo o conhecimento sobre este novo material bioactivo, para que perante as diferentes situações clínicas que possam surgir, a escolha do melhor material, seja assegurada.

De todos os estudos consultados, concluiu-se que a ocorrência de microinfiltração não pode ser completamente eliminada e, que o tipo de solução irrigante utilizada afecta significativamente a capacidade de selamento dos cimentos de obturação endodônticos testados, inclusive dos cimentos biocerâmicos.

Assim, nenhum cimento endodôntico, seja qual for o protocolo de irrigação utilizado, consegue garantir um selamento completo do sistema de canais radiculares.

Contudo, para que a aplicação dos cimentos biocerâmicos na prática clínica seja sustentada, são necessários mais estudos, principalmente *in vivo* e a longo prazo, com metodologias mais adequadas, de modo a obter resultados mais confiáveis sobre as suas propriedades e deste modo, oferecer-nos uma maior segurança para a sua utilização.

Dado o efeito promissor da clorohexidina, como solução irrigante, na redução da ocorrência de microinfiltração e consequentemente, na melhoria da capacidade de selamento dos cimentos biocerâmicos; e uma vez que, não foram encontrados estudos que avaliem o seu efeito nos cimentos biocerâmicos *Biodentine* e *Endosequence BC*, as futuras linhas de investigação poderão concentrar-se na elaboração de um protocolo

semelhante ao dos estudos apresentados, mas com o objetivo de avaliar este efeito da CHX, na capacidade de selamento desses cimentos biocerâmicos, assim como a influência das diferentes concentrações da solução irrigante utilizada, como a CHX, na capacidade de selamento dos cimento biocerâmicos. Outro aspeto que futuramente poderá ser investigado, é a influência dos diferentes agentes quelantes na capacidade de selamento dos cimentos biocerâmicos, de maneira a concluir qual o protocolo de irrigação mais favorável para a capacidade de selamento dos mesmos.

IV- Bibliografia

- Abusrewil, S. M., Mclean, W., & Scott, J. A. (2018). The use of Bioceramics as root-end filling materials in periradicular surgery : A literature review. *Saudi Dental Journal*, 1013-9052, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2018.07.004>
- Al-haddad, A., & Che Ab Aziz, Z. A. (2016). Bioceramic-Based Root Canal Sealers : A Review. *International Journal of Biomaterials*, ID 9753210, 1-10. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/9753210>
- Alanezi, A. Z., Jiang, J., Safavi, K. E., Spangberg, L. S. W., & Zhu, Q. (2010). Cytotoxicity evaluation of endosequence root repair material. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 109(3), 122–125. doi:10.1016/j.tripleo.2009.11.028
- Almeida L. H. S., Moraes, R. R., Morgental, R. D., & Pappen, F. G. (2017). Are premixed calcium silicate-based endodontic sealers comparable to conventional materials? A systematic review of in vitro studies. *J Endod*, 43(4), 527–535. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.11.019>
- Antunes, H. S., Gominho, L. F., Andrade-Junior, C. V., Dessaune-Neto, N., Alves, F. R. F., Roças, I. N., & Siqueira Jr, J. F. (2015). Sealing ability of two root-end filling materials in a bacterial nutrient leakage model. *International Endodontic Journal*, 1-6. doi:10.1111/iej.12543
- Balasubramanian, S. K., Saraswathi, V., Ballal, N. V., Acharya, S. R., Sampath, J. S., & Singh, S. (2017). A comparative study of the quality of apical seal in resilon/epiphany se following intra canal irrigation with 17% EDTA, 10% citric acid, and mtad as final irrigants – A dye leakage study under vacuum. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 11(2), 20-24. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/21420.9256>
- Ballal, N. V., Jain, I., & Tay, F. R. (2016). Evaluation of the smear layer removal and decalcification effect of QMix, maleic acid and EDTA on root canal dentine. *Journal of Dentistry*, 2629, 1-19. <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.jdent.2016.06.001>
- Bayram, H. M., Saklar, F., Bayram, E., Orucoglu, H., & Bozkurt, A. (2015). Determination of the Apical Sealing Abilities of Mineral Trioxide Aggregate, Portland Cement, and Bioaggregate After Irrigation with Different Solutions. *J Int Oral Health*, 7(6), 13–17. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4479766/>

- Benz, K., Markovic, L., Jordan, R. A., Novacek, C., & Jackowski, J. (2017). In vitro evaluation of the apical seal of two different retrograde filling materials. *Australian Endodontic Journal*, 43(1), 29–33. <https://doi.org/10.1111/aej.12161>
- Best, S. M., Porter, A. E., Thian, E. S., & Huang, J. (2008). Bioceramics: past, present and for the future. *Journal of the European Ceramic Society*, 28(7), 1319–1327.
- Borges, R. P., Sousa-Neto, M. D., Versiani, M. A., Rached- Junior, F. A., De-Deus, G., Miranda, C. E. S., & Pecora, J. D. (2011). Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *International Endodontic Journal*, 45, 419–428. doi:10.1111/j.1365-2591.2011.01992.x
- Bueno, C. R. E., Valentim, D., Marques, V. A. S., Gomes-Filho, J. E., Cintra, L. T. A., Jacinto, R. C., & Dezan-Junior, E. (2016). Biocompatibility and biomineralization assessment of bioceramic-, epoxy-, and calcium hydroxide-based sealers. *Braz. Oral Res*, 30(1), 1–9. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2016.vol30.0081>
- Camilleri, J., Sorrentino, F., & Damidot, D. (2014). Characterization of un-hydrated and hydrated BioAggregate™ and MTA Angelus™. *Clin Oral Invest*. DOI 10.1007/s00784-014-1292-4
- Candeiro, G. T. M., Correi, F. C., Duarte, M. A. H., Ribeiro-Siqueira, D. C., & Gavini, G. (2012). Evaluation of Radiopacity, pH, Release of Calcium Ions, and Flow of a Bioceramic Root Canal Sealer. *Journal of Endodontics*, 38(6), 842–845. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.02.029>
- Chang, S., Lee, Kang, S., Kum, K., & Kim, E. (2014). In Vitro Biocompatibility, Inflammatory Response, and Osteogenic Potential of 4 Root Canal Sealers: Sealapex, Sankin Apatite Root Sealer, MTA Fillapex, and iRoot SP Root Canal Sealer. *J Endod*, 40(10), 1642–1648. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.04.006>
- Chhapparwal S., Ballal, N. V., Menezes, N. D., & Kamath, S. U. (2017). Effect of chelating agents on sealing ability of Biodentine and Mineral Trioxide Aggregate. *Saudi Endod J*, 7, 16-22. DOI: 10.4103/1658-5684.197983
- Chubb, D. W. R. (2019). A review of the prognostic value of irrigation on root canal treatment success. *Australian Endodontic Journal*, 45, 5–11. doi: 10.1111/aej.12348
- Darcey, J., Jawad S., Taylor, C., Roudsari, R. V., & Hunter, M. (2016). Modern Endodontic Principles Part 4: Irrigation. *Dental Update*, (43), 20-33. Doi: 144.082.238.225
- Debelian, G., & Trope, M. (2016). The use of premixed bioceramic materials in

- endodontics. *Giornale Italiano Di Endodonzia*. 107, 1-11
<https://doi.org/10.1016/j.gien.2016.09.001>
- Damas, B. A., Wheeler, M. A., Bringas, J. S., & Hoen, M. M. (2011). Cytotoxicity Comparison of Mineral Trioxide Aggregates and EndoSequence Bioceramic Root Repair Materials. *Journal of Endodontics*, 37(3), 372–375.
doi:10.1016/j.joen.2010.11.027
- Eliasz, N., & Metoki, N. (2017). Calcium Phosphate Bioceramics: A Review of Their History, Structure, Properties, Coating Technologies and Biomedical Applications. *Materials*, 10,334. 1-104. doi:10.3390/ma10040334
- Ersahan, S., & Aydin, C. (2010). Dislocation Resistance of iRoot SP, a Calcium Silicate–based Sealer, from Radicular Dentine. *J Endod*, 36(12), 2000-2002.
doi:10.1016/j.joen.2010.08.037
- Ertas, H., & Sagsen, B. (2015). Comparison of the Effect of MTAD and Conventional Irrigation Agents on Apical Leakage and Push-Out Bond Strength of Root Canal Filling. *Scanning*, 37(6), 393-398. DOI: 10.1002/sca.21208
- Estrela, C., Estrela, C. R. A., Barbin, E. L., Spanó, J. C. E., Marchesan, M. A., & Pécora J. D. (2002). Mechanism of action of sodium hypochlorite, *Braz Dent J*. 13(2), 113-117. <https://www.researchgate.net/publication/11151657>
- Farhad, A. R., Barekatain, B., & Koushki, A. R. (2008). The Effect of Three Root Canal Irrigants Protocols for Removing Smear Layer on the Apical Microleakage of AH26 sealer. *Iran Endod J*, 3(3),62-67.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3800548/>
- Gomes, B. P. F. A., Vianna, M. E., Zaia, A. A., Flávio, J., Almeida, A., Souza-Filho, F. J., & Ferraz, C. C. R. (2013). Chlorhexidine in Endodontics. *Brazilian Dental Journal*. 24(2), 89-102. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6440201302188>
- Grossman, L. (1982). Obturation of Root Canal. Grossman, L., Ed., *Endodontic Practice*, 10th Edition, Lea and Febiger, Philadelphia, 297.
- Haapasalo, M., Shen, Y., Wang, Z., & Gao, Y. (2014). Irrigation in endodontics. *British Dental Journal*, 216(6), 299–303. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.204>
- Hargreaves, K. M., Cohen, S. & Berman L. H. (2011). Cohen’s Pathways of the Pulp. (10th ed.), Mosby Elsevier
- Hess, D., Solomon, E., Robert, S., & He, J. (2011). Retreatability of a Bioceramic Root Canal Sealing Material. *J Endod*, 37(11), 1547–1549.
doi:10.1016/j.joen.2011.08.016

- Ho, E. S. S., Chang, J. W. W., & Cheung, G. S. P. (2016). Quality of root canal fillings using three gutta-percha obturation techniques. *Restorative Dentistry & Endodontics*. ISSN:2234-7666 (online),22–28. <http://dx.doi.org/10.5395/rde.2016.41.1.22>
- Homayouni, H., Majd, N. M., Zohrehei, H., Mosavari, B., Adel, M., Dajmar, R., & Homayouni, A. (2014). The Effect of Root Canal Irrigation with Combination of Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine Gluconate on the Sealing Ability of Obturation Materials. *The Open Dentistry Journal*, 8, 184-187. doi: 10.2174/1874210601408010184
- Huang, Y., Orhan, K., Celikten, B., Orhan, A., & Tufenkci, S. (2018). Evaluation of the sealing ability of different root canal sealers : a combined SEM and micro-CT study. *Journal of Applied Oral Science*, 26,20160584,1–8. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-7757-2016-0584>
- Jitaru, S., Hodisan, I., Timis, L., Lucian, A., & Bud, M. (2016). The use of bioceramics in endodontics – Literature Review. *Clujul Medical*, 89(4), 470–473. <https://doi.org/10.15386/cjmed-612>
- Jafari, F., & Jafari, S. (2017). Importance and methodologies of endodontic microleakage studies: A systematic review, *J Clin Exp Dent*. 9(6), 812-819. doi:10.4317/jced.53604
- Kandaswamy, D., & Venkateshbabu, N. (2010). Root canal irrigants. *Journal of Conservative Dentistry*, 13(4), 256-264. <http://www.jcd.org.in/text.asp?2010/13/4/256/73378>
- Koch, K. A., & Brave, D. G. (2012). Bioceramics, part 1: the clinician's viewpoint. *Dent Today*, 31 (1), 130–135. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22360119>
- Koch, K., Brave D., & Nasseh, A. A.(2013). A review of bioceramic technology in endodontics. *Roots*, 1, 6-13.
- Koch, K., Brave, D.(2009). Bioceramic technology—the game changer in endodontics. *Endod Pract USA*. 12,7—11. http://www.ibioceramix.com/files/endodontic_practice.pdf
- Kohli, M. R., Yamaguchi, M., Setzer, F. C., & Karabucak, B. (2015). Spectrophotometric Analysis of Coronal Tooth Discoloration Induced by Various Bioceramic Cements and Other Endodontic Materials. *J Endod*, 1-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2015.07.003>
- Kuruvilla, A., Jaganath, B. M., Krishnegowda, S. C., Ramachandra, P. K. M., Johns, D.

- A., & Abraham, A. (2015). A comparative evaluation of smear layer removal by using edta, etidronic acid, and maleic acid as root canal irrigants: An in vitro scanning electron microscopic study. *Journal of Conservative Dentistry*, 18(3), 247–251. doi: 10.4103/0972-0707.157266
- Lahor-Soler, E., Miranda-Rius, J., Brunet-Llobet, L., Farré, M., & Pumarola, J. (2015). In vitro study of the apical microleakage with resilon root canal filling using different final endodontic irrigants. *J Clin Exp Dent*, 7(2), 212-217. <http://dx.doi.org/10.4317/jced.51755>
- Leal, F., De-Deus, G., Brandão, C., Luna, A. S., Fidel, S. R., & Souza, E. M. (2011). Comparison of the root-end seal provided by bioceramic repair cements and White MTA. *International Endodontic Journal*, 44, 662–668. doi:10.1111/j.1365-2591.2011.01871.x
- Lee, J. K., Kwak, S. W., Ha, J., Lee, W., & Kim, H. (2017). Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 57, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2017/2582849>
- Lima, N. F. F., Santos, P. R. N., Pedrosa, M. S. & Delboni, M. G. (2017). Cimentos biocerâmicos em endodontia : revisão de literatura. *RFO, Passo Fundo*, 22(2), 248–254. <http://dx.doi.org/10.5335/rfo.v22i2.7398>
- Loushine, B. A., Bryan, T. E., Looney, S. W., Gillen, B. M., Loushine, R. J., R., Weller, N., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2011). Setting Properties and Cytotoxicity Evaluation of a Premixed Bioceramic Root Canal Sealer. *J Endod*, 37(5), 673–677. doi:10.1016/j.joen.2011.01.003
- Lovato, K. F., & Sedgley, C. M. (2011). Antibacterial activity of endosequence root repair material and proroot MTA against clinical isolates of *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics*, 37(11), 1542–1546. doi:10.1016/j.joen.2011.06.022
- Malkondur, O., Kazandag, M. K., & Kazazoglu, E. (2014). A review on biodentine, a contemporary dentine replacement and repair material. *Biomed Res Int*, ID 160951. 1-10. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/160951>
- Michelotto A. L. C., Gasparetto, J. C., Campos, F. R., Sydney, G. B., Bombana, A. C., & Pontarolo, R. (2012). Critical analysis of methodologies used in the evaluation of sealants in endodontics. *Acta Odont. Venez*, 50(3), 1-15, <https://www.actaodontologica.com/ediciones/2012/3/art-21/>
- Mohamed, E. A., Fathieh. S. M., Farzaneh, T. A., & Homeira, B. A. (2019). Effect of Different Irrigation Solutions on the Apical Sealing Ability of Different Single-cone

- Obturation Systems: An In Vitro Study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 20(2),158-165. 10.5005/jp-journals-10024-2491
- Mohammadi1, Z., Shalavi, S., Moeintaghavi, A., & Jafarzadeh, H. (2017). A Review Over Benefits and Drawbacks of Combining Sodium Hypochlorite with Other Endodontic Materials. *The Open Dentistry Journal*. 11, 661-669, DOI: 10.2174/1874210601711010661
- Mukhtar-Fayyad, D. (2011). Cytocompatibility of new bioceramic-based materials on human fibroblast cells (MRC-5). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 112(6),137-42. doi:10.1016/j.tripleo.2011.05.042
- Nair, U., Ghattas S, Saber M, Natera M, Walker C, Pileggi R (2011) A comparative evaluation of the sealing ability of 2 root-end filling materials: an in vitro leakage study using *Enterococcus faecalis*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 112(2), 74–77. doi:10.1016/j.tripleo.2011.01.030
- Olczak, K., & Pawlicka, H. (2017). Evaluation of the Sealing Ability of Three Obturation Techniques Using a Glucose Leakage Test. *BioMed Research International*, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2017/2704094>
- Orstavik, D. (2005). Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic Topics*, 12,1, 25–38. <https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2005.00197.x>
- Pawar, S. S., Pujar, M. A., & Makandar, S. D. (2014). Evaluation of the apical sealing ability of bioceramic sealer, AH plus & epiphany: An in vitro study . *J Conserv Dent*, 17(6),579-582. <http://www.jcd.org.in/text.asp?2014/17/6/579/144609>
- Peters, O. A., Laib, A., Göhring, T. N., & Barbakow, F. (2001). Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. *J Endod*, 27,1–6. <https://doi.org/10.1097/00004770-200101000-00001>
- Prada, I., Micó-muñoz, P., Giner-lluesma, T., Micó-martínez, P., Muwaquet-rodríguez, S., & Albero-Monteagudo A., (2019). Update of the therapeutic planning of irrigation and intracanal medication in root canal treatment . A literature review. *J Clin Exp Dent*, 11(2), 185-193. <https://doi.org/10.4317/jced.55560>
- Prado, M., Simão, R. A., & Gomes, B. P. (2013). Effect of different irrigation protocols on resin sealer bond strength to dentin. *J Endod*, 39(5), 689-692. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.12.009>
- Prado, M., Simão, R. A., & Gomes, B. P. F. A. (2014). A microleakage study of gutta-

- percha/AH Plus and Resilon/Real self-etch systems after different irrigation protocols. *J Appl Oral Sci*, 22(3),174-179. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-775720130174>
- Qian,W., Shen, Y., & Haapasalo, M. (2011). Quantitative Analysis of the Effect of Irrigant Solution Sequences on Dentin Erosion. *J Endod*, 37, 1437–1441. doi:10.1016/j.joen.2011.06.005
- Raghavendra, S. S., Jaghav, G. R., Gathani, K. M., & Kotadia, P. (2017). Bioceramics in endodontics – a review. *J Istanbul Univ Fac Dent*, 51(3 Suppl 1), 128-137. <http://dx.doi.org/10.17096/jiufd.63659>
- Ree, M., & Schwartz, R. (2014). Clinical applications of bioceramics materials in endodontics. *Endod Pract*, 7,32—40. <http://endopracticeus.com/wp-content/uploads/2015/02/CE-Ree.pdf>
- Sanz, J. L., Rodríguez-Lozano, F. J., Llena, C., Sauro, S., & Forner, L. Bioactivity of Bioceramic Materials Used in the Dentin-Pulp Complex Therapy: A Systematic Review. *Materials*, 12,(1015), 1-30. doi:10.3390/ma12071015
- Shokouhinejad, N., Nekoofar, M. H., Razmi, H., Sajadi, S., Davies, T. E., Saghiri, M. A., Gorjestani, H., & Dummer, P. M. H. (2012). Bioactivity of EndoSequence Root Repair Material and Bioaggregate. *International Endodontic Journal*, 45, 1127–1134. doi:10.1111/j.1365-2591.2012.02083.x
- Singh, R., Pushpa, S., Arunagiri, D., Sawhny, A., Misra, A., & Sujatha, R. (2016). The effect of irrigating solutions on the apical sealing ability of MTA Fillapex and Adseal root canal sealers. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospect*, 10(4),251-256. doi: 10.15171/joddd.2016.040
- Siqueira, J.F., Rocas, I. N., &Valois, C. R. A. (2001). Apical sealing ability of five endodontic sealers. *Aust Endod J*. 27, 33-35. doi: 10.1111/j.1747-4477.2001.tb00450.x
- Souza, M. A., Lana, D. D., Gabrielli, E., Ribeiro, M. B., Miyagaki, D. C. & Cecchin, D. (2016). Effectiveness of final decontamination protocols against *Enterococcus faecalis* and its influence on bond strength of filling material to root canal dentin. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 852. 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2016.11.004>
- Souza, M. A., Rauber, M. G. P., Zuchi, N., Bonacina, L. V., Ricci, R., Dias, C. T., Bischoff, K. F., Engelmann, J. L., & Palhano, H. S. (2019). Influence of final irrigation protocols and endodontic sealer on bond strength of root filling material

- with root dentin previously treated with photodynamic therapy. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 26(2019), 137–141. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2019.03.013>
- Sroa, R., Sidhu, B., & Sharma, S. (2017) A comparative evaluation of sealing ability of EndoSequence BC sealer and ProRoot MTA as root canal sealer: an ex vivo study. *J. Evolution Med. Dent. Sci*, 6(10),781-785. DOI: 10.14260/Jemds/2017/169
- Torabinejad M., Abbott, J. A., Babick, P. J., Kulild, J. C., Spatafore, C. M., & Wolcott, S. L. (2011). Root Canal Irrigants and Disinfectants. *Endodontics: Colleagues for Excellence*. Winter 2011, 1-7. <https://www.aae.org/specialty/wp-content/uploads/sites/2/2017/07/rootcanalirrigantsdisinfectants.pdf>
- Torres, F. F. E., Guerreiro-Tanomaru, J. M., Bosso-Martelo, R., Espir, C. G., Camilleri, J., & Tanomaru-Filho, M. (2019). Solubility, Porosity, Dimensional and Volumetric Change of Endodontic Sealers. *Brazilian Dental Journal*, 30(4), 368-373. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6440201902607>
- Ulusoy, O. I., Nayir, Y., Çelik, K., Yaman, S. D. (2014). Apical microleakage of different root canal sealers after use of maleic acid and EDTA as final irrigants. *Braz Oral Res*, 28(1), 1-6. DOI: 10.1590/1807-3107BOR-2014.vol28.0048
- Vineet S A., Rajesh M., Sonali K., Mukesh P. (2014). A contemporary overview of endodontic irrigants – a review. *Journal of Dental Applications*, 1(6), 105-115.
- Vitti, R. P., Prati, C., Silva, E., J., N., L., Sinhoreti, M., A., C., Zanchi, C. H., Silva, M. G. S., Ogliari, F., A., Piva, E., & Gandolfi, M., G. (2013). Physical Properties of MTA Fillapex Sealer. *J Endod*, 39(7), 915–918. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2013.04.015>
- Wang, Z. (2015). Bioceramic materials in endodontics. *Endodontic Topics*. 32, 3-30. <https://doi.org/10.1111/etp.12075>
- Willershausen, I., Wolf, T., Kasaj, A., Weyer, V., Willershausen, B., & Marroquin, B. B. (2013). Influence of a bioceramic root end material and mineral trioxide aggregates on fibroblasts and osteoblasts. *Archives of Oral Biology*, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2013.04.002>
- Williams, D.F. (2008). On the mechanisms of biocompatibility. *Biomaterials*, 29, 2941–2953. doi:10.1016/j.biomaterials.2008.04.023
- Wong, A. W., Zhang, S., Li, S. K., Zhang, C., & Chu, C. (2017). Clinical studies on core-carrier obturation : a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*, 17,167, 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0459-1>

- Yildirim, T., Er, K., Tasemir, T., Tahan, E., Buruk, K., & Serper, A. (2010). Effect of smear layer and root-end cavity thickness on apical sealing ability of MTA as a root-end filling material. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 109, 67–72. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.08.030>
- Zehnder, M. (2006). Root Canal Irrigants. *J Endod*, 32, 389–98. doi:10.1016/j.joen.2005.09.014
- Zhou, H. M., Shen, Y., Zheng, W., Li, L., Zheng, Y. F., & Haapasalo, M. (2013). Physical properties of 5 root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 39(10), 1281–1286. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2013.06.012>

Anexo I

Cimento Biocerâmico	Cimento comparado	Soluções Irrigantes	Teste de microinfiltração	Conclusões	Referência
<i>Endosequence BC</i>	<i>AHplus</i> <hr/> <i>RealSeal</i>	NaOCl 5,25% + EDTA 17% Irrigação final: solução salina	Penetração corante	- Não se pode impedir a ocorrência de microinfiltração Quando usada a solução de irrigação NaOCl a 2,5%, seguida de EDTA a 17%: - <i>Endosequence BC</i> e o <i>RealSeal SE</i> apresentaram menor microinfiltração, e por isso uma melhor capacidade de selamento; - <i>AHplus</i> apresentou maior microinfiltração, pior capacidade de selamento.	Pawar, Pujar & Makandar, 2014
<i>Endosequence BC</i>	MTA	NaOCl 5,25% + EDTA 17%	Penetração bacteriana	Quando usada a solução de irrigação NaOCl a 5,25%: - a capacidade de selamento do <i>Endosequence BC</i> e do MTA é comparável.	Sroa, Sidhu, Sharma, 2017
<i>Endosequence BC</i>	<i>AHplus</i>	NaOCl 2,5% Irrigação Final: NaOCl 2,5% + EDTA 17% + água destilada	MEV Micro-CT	Quando o protocolo de irrigação utilizado é o NaOCl a 2,5%, com uma irrigação final com NaOCl 2,5%, seguida de EDTA 17%: - <i>EndoSequence BC</i> possui uma capacidade de selamento semelhante em todo o canal radicular à do <i>AH Plus</i> , - O selamento apical é melhor nas secções coronal e média do que na porção apical com ambos os cimentos.	Huang, et. al, 2018

<i>AHplus</i>	<i>RealSeal</i>	<p>Grupo 1: água destilada</p> <p>Grupo 2: NaOCl 5,25%/ EDTA 17%</p> <p>Grupo 3: NaOCl/ácido fosfórico 37%</p> <p>Grupo 4: NaOCl/EDTA/ CHX 2%</p> <p>Grupo 5: NaOCl/ácido fosforico/CHX</p> <p>Grupo 6: CHX/EDTA</p> <p>Grupo7: CHX/acido fosforico</p> <p>Grupo 8: CHX/EDTA/C HX</p> <p>Grupo 9: CHX/ácido fosforico/CHX</p>	Penetração bacteriana	<p>- Irrigação final com CHX após a remoção da <i>smear layer</i> , diminui a ocorrência de microinfiltração coronária, do <i>AH plus</i> e <i>Real Seal</i></p> <p>- Não foram encontradas diferenças entre o uso de CHX ou NaOCl associado ao EDTA ou ácido fosfórico para remoção da <i>smear layer</i></p> <p>- Não houve diferença significativa na microinfiltração coronária de ambos os cimentos <i>AH Plus</i> e <i>Real Seal</i></p>	Prado, Simão & Gomes, 2014
	<i>Real Seal</i>	<p>irrigação durante instrumentação : NaOCl 5,25% + EDTA 17% + água destilada</p> <p>Irrigação final: Grupo A: AC 20% Grupo B: CHX 2% Grupo C: NaOCl 5,25%</p>	Penetração de corante	<p>Quando o cimento <i>RealSeal</i> é usado:</p> <p>-NaOCl como irrigante final provoca maior microinfiltração apical do que CHX e o AC</p> <p>- CHX como irrigante final provoca menor microinfiltração, seguida do AC e por último o NaOCl, com diferença significativa entre a CHX e o NaOCl</p>	Lahor-Soler, Miranda-Rius, Brunet-Llobet, Farré & Pumarola, 2015
	AH26	<p>Irrigação durante a insrumentação: 5,25% NaOCl</p> <p>Irrigação Final: Grupo A: EDTA 17% + NaOCl 5,25% + água destilada Grupo B: AC 7% + NaOCl 5,25% + água destilada Grupo C: AC 20% + NaOCl 5,25% + água destilada</p>	Penetração de corante	<p>Quando o cimento AH26 é usado:</p> <p>- EDTA como irrigante provoca maior infiltração</p> <p>- AC provoca menor infiltração, sem diferença significativa entre as percentagens de AC</p>	Farhad, Barekatin & Koushki, 2008

	<i>Real Seal</i>	Grupo I: 17% EDTA + NaOCl a 1,3% Grupo II: 10% AC + 1,3% de NaOCl Grupo III: NaOCl 1,3% + MTAD	Penetração de corante	Quando usadas as soluções de 17% de EDTA, 10% de AC e MTAD como irrigante final, em combinação com NaOCl: - Não houve diferença significativa na capacidade de selamento apical do <i>RealSeal</i>	Balasubramanian et al., 2017
	<i>AHplus</i>	Grupo 1: NaOCl 1% Grupo 2: EDTA 17% Grupo 3: EDTA 17% + NaOCl 1% Grupo 4: CHX 2% Grupo 5: solução salina Grupo 6: NaOCl 1,3% + MTAD Irrigação final: 5mL das mesmas soluções	Penetração de corante	O tipo de solução de irrigação utilizada não teve efeito significativo no selamento apical do cimento <i>AHplus</i>	Ertas & Sagsen, 2015
<i>MTAfillapex</i>	<i>Adseal</i>	Grupo 1 e 2: NaOCl 5,25% + EDTA 17% Grupo 3 e 4: Qmix Final: solução salina	Penetração de corante	- O tipo de solução de irrigação afeta significativamente o selamento apical dos cimentos - Qmix diminui a capacidade de selamento apical do <i>MTA Fillapex</i> e do <i>Adseal</i> - NaOCl 5,25% seguido de EDTA 17% obteve melhores resultados de selamento apical - o <i>Adseal</i> apresentou melhor capacidade de selamento do que o <i>MTAfillapex</i>	Singh et. al, 2016

<i>iRootSP</i>	<p><i>HybridRoot</i></p> <p><i>EndoREZ</i></p> <p><i>AHplus</i></p>	<p>Irrigação durante instrumentação : NaOCl 2,5%</p> <p>Irrigação final: - Grupo 1,3,5,7: AM 7%</p> <p>- Grupo 2, 4, 6,8: EDTA 18%</p>	<p>Filtração de fluidos</p>	<p>- o selamento apical dos cimentos é afetado pela solução de irrigação final</p> <p>- o selamento apical do <i>AHplus</i> e do <i>EndoRez</i> são superiores ao do <i>iRootSP</i> e <i>HybridRoot</i>, quando o protocolo de irrigação é NaOCl 2,5%, seguido de uma irrigação final com AM ou EDTA.</p> <p>- o AM provocou maior microinfiltração que o EDTA</p>	<p>Ulusoy, Nayir, Celik & Yaman, 2017</p>
<i>MTA fillapex</i>	<p><i>AH-Plus</i></p> <hr/> <p><i>Realseal</i></p>	<p>Grupo 1: NaOCl 3% (5mL) Grupo 2: CHX 2% (5mL) Grupo 3: H2O2 3% (5mL)</p> <p>Final: EDTA 17% + H2O destilada</p>	<p>Penetração de corante</p>	<p>O tipo de solução de irrigação afeta significativamente o selamento apical dos cimentos testados.</p> <p>- H2O2 resulta em ausência de infiltração do <i>AHplus</i></p> <p>- CHX a 2% aumenta a capacidade de selamento do <i>MTAfillapex</i></p> <p>- CHX a 2% diminui a do <i>RealSeal</i></p> <p>- NaOCl melhora a capacidade de selamento do <i>RealSeal</i></p> <p>-H2O2 diminui o selamento de <i>RealSeal</i></p>	<p>Mohamed, Fathieh, Farzaneh & Homeira, 2019</p>
<i>Bioaggregate</i>	<p><i>Portland</i></p> <hr/> <p>MTA</p>	<p>Grupo 1 ,5 e 9: NaOCl 5,25% + EDTA 17%</p> <p>Grupo 2 ,6 e 10: NaOCl 5,25% + CHX 2%</p> <p>Grupo 3 ,7 e 11: NaOCl 5,25% + MTAD</p> <p>Grupo 4 ,8 e 12: NaOCl 5,25% + Água destilada</p>	<p>Penetração de corante</p>	<p>- o tipo de solução irrigante influenciou os resultados de microinfiltração e por isso, a capacidade dos cimentos testados.</p> <p>- a capacidade de selamento do cimento <i>BioAgreggate</i> foi tão eficaz quanto a do MTA.</p> <p>- a capacidade de selamento do cimento Portland foi tão eficaz quanto a do MTA e <i>Bioagreggate</i>.</p> <p>- o EDTA e MTAD aumentaram a microinfiltração, piorando a capacidade de selamento dos cimentos.</p> <p>- a CHX e água destilada diminuíram a microinfiltração, melhorando a capacidade de selamento dos cimentos</p>	<p>Bayram, Saklar, Bayram, Orucoglu & Bozkurt, 2015</p>

<i>Biodentine</i>	MTA	Grupo A: EDTA 17% Grupo B: AM 7% Grupo C: solução salina 0,9%	Penetração de glucose MEV	Quando as retrocavidades radiculares são irrigadas com AM a 7%: - o MTA apresenta melhor capacidade de selamento que o <i>Biodentine</i>	Chhapparwal, Ballal, Menezes & Kamath, 2017
-------------------	-----	---	-------------------------------------	--	---